МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ГОРОДНЮК ОЛЕСЯ КОНСТАНТИНІВНА

УДК 504.064:502.3:621

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ВПЛИВ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ НА ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ОЛІЇВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавра

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

_____**О. К. Городнюк**
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:
Піціль А. О
к.с-г.н., доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Городнюк О. К. Вплив використання дизельних генераторів у закладах освіти на якість атмосферного повітря Оліївської територіальної громади. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Дипломна робота присвячена оцінці впливу стаціонарних джерел викидів на стан атмосферного повітря на прикладі закладів освіти Оліївської територіальної громади Житомирського району. Об’єктами дослідження є навчальні заклади у селах Кам’янка, Троковичі, Вишпіль та Некраші, в яких як резервні джерела електропостачання використовуються дизельні генератори. У роботі проаналізовано обсяги та структуру викидів основних забруднюючих речовин з урахуванням фактичних і потенційних показників. Розрахунки викидів виконано відповідно до методичних підходів ЕМЕП/ЕАОС на основі даних обґрунтовуючих документів. Встановлено, що домінуючим компонентом у структурі викидів є діоксид вуглецю, тоді як обсяги інших забруднюючих речовин не перевищують нормативних порогових значень. Вплив стаціонарних джерел викидів має локальний та епізодичний характер. За результатами дослідження запропоновано природоохоронні заходи, спрямовані на зменшення впливу дизельних генераторів на атмосферне повітря.

Ключові слова: атмосферне повітря, стаціонарні джерела викидів, дизельні генератори, заклади освіти, забруднюючі речовини, викиди, Оліївська територіальна громада, екологічна оцінка, природоохоронні заходи.

SUMMARY

Gorodniuk O. K. Impact of the Use of Diesel Generators in Educational Institutions on Ambient Air Quality of the Oliivska Territorial Community – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for the bachelor in ecology in specialty 101 Ecology. – Polissya National University, Zhytomyr, 2026.

The diploma thesis is devoted to the assessment of the impact of stationary emission sources on ambient air quality using educational institutions of the Oliivska Territorial Community in Zhytomyr District as a case study. The objects of the study are educational facilities located in the villages of Kamianka, Trokovychi, Vyshpil and Nekrashi, where diesel generators are used as backup power supply sources. The volumes and structure of pollutant emissions generated during the operation of diesel generators were analyzed taking into account actual and potential indicators. Emission calculations were performed in accordance with the EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook based on data from supporting documentation. The study revealed that carbon dioxide is the dominant component in the emission structure, while emissions of other pollutants do not exceed regulatory threshold values. The impact of stationary emission sources is local and episodic in nature. Based on the results obtained, environmental protection measures aimed at reducing the impact of diesel generators on ambient air were proposed.

Keywords: ambient air, stationary emission sources, diesel generators, educational institutions, pollutant emissions, environmental assessment, Oliivska Territorial Community, environmental protection measures.

ЗМІСТ

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ 9

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ 13

2.1. Характеристика Оліївської територіальної громади та передумови формування антропогенного навантаження на атмосферне повітря 13

2.2. Опис виробничого процесу та характеристика джерел викидів 15

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ 21

3.1. Характеристика дизельних генераторів та режимів їх експлуатації в закладах освіти Оліївської територіальної громади 21

3.2. Опис виробничого процесу та характеристика джерел викидів 23

3.3. Природоохоронні заходи щодо зменшення впливу стаціонарних джерел викидів закладів освіти Оліївської територіальної громади 28

ВИСНОВКИ 31

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 33

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

Зумовлена зростанням використання дизельних генераторів у закладах освіти як резервних джерел електропостачання в умовах нестабільного енергозабезпечення. Робота таких установ супроводжується утворенням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що може впливати на стан довкілля та умови проживання населення, особливо в межах житлової забудови.

Заклади освіти розміщені переважно у населених пунктах та безпосередній близькості до житлових територій, що зумовлює необхідність оцінки відповідності викидів дизельних генераторів чинним гігієнічним нормативам. У цьому контексті актуальним є проведення екологічної оцінки впливу таких джерел на якість атмосферного повітря на локальному рівні, з урахуванням реальних умов експлуатації та просторового розміщення об’єктів.

Результати дослідження є важливими для обґрунтування природоохоронних рішень і підвищення рівня екологічної безпеки в межах територіальної громади.

Об’єкт досліджень – стаціонарні джерела викидів закладів освіти Оліївської територіальної громади Житомирського району.

Предмет досліджень – викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від дизельних генераторів та їх вплив на якість атмосферного повітря в зоні впливу закладів освіти.

Мета досліджень – оцінити вплив викидів забруднюючих речовин від дизельних генераторів, що використовуються як резервні джерела електропостачання у закладах освіти Оліївської територіальної громади, на якість атмосферного повітря та їх відповідність гігієнічним нормативам.

Методи дослідження. У роботі використано загальнонаукові та спеціальні методи дослідження, зокрема аналіз і синтез наукових і нормативних джерел, порівняльний аналіз технічних характеристик дизельних генераторів і умов їх експлуатації, розрахунково-аналітичні методи визначення обсягів викидів забруднюючих речовин, моделювання їх розсіювання в атмосферному повітрі, а також нормативне порівняння отриманих концентрацій з граничнодопустимими

значеннями. Для узагальнення результатів застосовано статистичні та картографічні методи.

Основні завдання:

– Проаналізувати нормативно-правові вимоги щодо викидів забруднюючих речовин від дизельних генераторів.

– Надати характеристику закладів освіти Оліївської територіальної громади як джерел атмосферного навантаження.

– Визначити склад і обсяги викидів забруднюючих речовин від дизельних генераторів.

– Проаналізувати результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

– Оцінити відповідність фактичних концентрацій забруднюючих речовин гігієнічним нормативам.

Практичне значення полягає у можливості використання отриманих результатів для оцінки впливу дизельних генераторів закладів освіти на якість атмосферного повітря в межах Оліївської територіальної громади. Матеріали дослідження можуть бути використані органами місцевого самоврядування та адміністраціями закладів освіти під час планування природоохоронних заходів, обґрунтування дозволів на викиди, а також при розробленні рекомендацій щодо зменшення негативного впливу стаціонарних джерел викидів.

Апробація результатів дослідження:

1. Городнюк О. К., Павлюк О. В. Вплив дизельних генераторів на якість повітря // Виклики сьогодення та наслідки Чорнобильської катастрофи. Екологія. Наука. Практика-2026 : матеріали XXII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 23 квітня 2026 року, м. Житомир. Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 132–134 [51].

2. Городнюк О. К. Екологічна оцінка впливу резервних джерел електроживлення на якість атмосферного повітря в територіальних громадах // Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку : матеріали VIII

Міжнародної науково-практичної конференції, 24 березня 2026 року. Малин : Малинський фаховий коледж, 2026. С. 114–116 [52].

Структура та обсяг роботи: кваліфікаційна робота включає 37 сторінки друкованого тексту, 6 рисунків та 52 джерел літератури.

РОЗДІЛ 1
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Енергетика є однією з базових галузей економіки, що визначає рівень розвитку промисловості, соціальної інфраструктури та якості життя населення. Функціонування будь-якого виробничого або соціального процесу неможливе без використання енергетичних ресурсів, що зумовлює постійне зростання обсягів їх споживання [1, 5]. Водночас сучасний етап розвитку енергетики супроводжується двома взаємопов'язаними глобальними проблемами – виснаженням природних ресурсів і посиленням техногенного впливу на довкілля [6, 32].

Вичерпність викопних енергетичних ресурсів у поєднанні з нерівномірністю їх географічного розміщення призводить до порушення природних кругообігів речовин та енергії в біосфері [10]. Масштабне вилучення ресурсів із земної кори змінює структуру ландшафтів, впливає на кліматичні процеси та погіршує якість атмосферного повітря [17]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, забруднення повітря є одним із провідних чинників ризику для здоров'я населення та щорічно призводить до мільйонів передчасних смертей у світі [1, 2].

Енергетичний сектор є одним з основних джерел антропогенних викидів парникових газів. За оцінками міжнародних організацій, на нього припадає понад 50 % загального обсягу глобальних викидів, що формуються внаслідок діяльності людини [3, 5]. Найбільшу частку виробництва електричної енергії у світі забезпечують теплові електростанції, які працюють на викопному паливі [18]. У процесі спалювання палива в атмосферне повітря надходять вуглецю діоксид, оксиди азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю та тверді частинки, що формують суттєве навантаження на довкілля [9, 10].

Потрапляючи в атмосферу, забруднюючі речовини негативно впливають на здоров'я людини. Високі концентрації продуктів згоряння можуть викликати гострі отруєння, хронічні захворювання органів дихання та серцево-судинної системи, а також подразнення слизових оболонок [2, 9]. Особливу небезпеку становлять дрібнодисперсні тверді частинки та оксиди азоту, які здатні проникати глибоко в легені та кровоносну систему [7]. У районах розміщення енергетичних

об’єктів також спостерігається зниження вмісту кисню в атмосфері, що пояснюється його значними витратами на процеси спалювання палива [18].

Поряд із тепловою енергетикою важливе місце в наукових дослідженнях посідає аналіз екологічних ризиків атомної енергетики. З метою уніфікації оцінки аварійних подій Міжнародним агентством з атомної енергії була розроблена семирівнева шкала ядерних подій INES [26]. Водночас порівняльні дослідження свідчать, що за умов штатної експлуатації сумарний техногенний вплив теплових електростанцій на атмосферне повітря є вищим, ніж у атомних електростанцій однакової потужності, через постійний характер викидів продуктів згоряння [11, 18].

У сучасних умовах дедалі більшої актуальності набуває проблема впливу стаціонарних джерел малої потужності. До таких джерел належать дизельні генератори, які широко використовуються як резервні джерела електропостачання в об’єктах соціальної інфраструктури, зокрема в закладах освіти, медичних установах та адміністративних будівлях [7, 22]. Хоча тривалість їх експлуатації є обмеженою, локальні викиди можуть істотно погіршувати якість атмосферного повітря в межах населених пунктів [8, 19].

За результатами досліджень, проведених у країнах Європейського Союзу, дизельний генератор середньої потужності (близько 20 кВт) викидає до 400 г CO_2 на 1 кВт·год виробленої електроенергії, що у 5–10 разів перевищує відповідні показники для сонячних та вітрових електростанцій [5]. Крім діоксиду вуглецю, дизельні генератори є джерелами оксидів азоту, оксиду вуглецю, неметанових летких органічних сполук та дрібнодисперсних твердих частинок, які мають високу токсикологічну значущість [7, 20].

Наукові праці також свідчать, що вплив дизельних генераторів має локальний характер і залежить від режимів їх роботи, технічного стану двигунів, якості палива та метеорологічних умов [19, 39]. У щільно забудованих населених пунктах навіть короткочасна робота генераторів може призводити до підвищення концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі повітря [8].

У Європейському Союзі для обмеження негативного впливу дизельних двигунів запроваджено суворі екологічні стандарти, зокрема норми Євро 5 та Євро 6, які регламентують допустимі рівні викидів оксиду вуглецю, оксидів азоту та твердих частинок [4, 27]. Паралельно з цим активно розвиваються відновлювані джерела енергії, які практично не формують прямих викидів забруднюючих речовин в атмосферу, що підтверджується досвідом Німеччини та Данії [4, 21].

В Україні нормативно-правове регулювання викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [11]. Закон встановлює обов’язковість отримання дозволів на викиди, ведення державного обліку джерел забруднення та дотримання екологічних нормативів. Дизельні генератори, встановлені в закладах освіти, розглядаються як стаціонарні джерела викидів навіть за умови їх резервного використання [13, 14].

Процедури інвентаризації та обліку джерел викидів регламентуються відповідними постановами Кабінету Міністрів України, які визначають порядок оформлення дозвільної документації та критерії взяття об’єктів на державний облік [13, 14]. Важливим елементом екологічної оцінки є застосування порогових значень потенційних викидів, що дозволяє визначити рівень екологічної небезпеки об’єкта [16].

Окреме значення має санітарно-гігієнічне нормування якості атмосферного повітря населених місць. Державні санітарні правила та гігієнічні регламенти встановлюють гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин і використовуються для оцінки впливу викидів на здоров’я населення, зокрема дітей, які є найбільш чутливою групою [15, 16].

Методичною основою для розрахунку викидів від процесів спалювання палива є міжнародні керівництва EMEP/EEA та рекомендації Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, які застосовуються при підготовці інвентаризацій викидів і наукових досліджень [3, 32]. Зазначені підходи використовуються і в

Україні під час розроблення обґрунтовуючих матеріалів для отримання дозволів на викиди.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що вплив дизельних генераторів як стаціонарних джерел викидів на якість атмосферного повітря є актуальною екологічною проблемою, особливо в межах закладів соціальної інфраструктури. Поєднання міжнародного досвіду, національної нормативно-правової бази та сучасних наукових досліджень формує теоретичну основу для комплексної оцінки екологічного впливу резервних джерел електропостачання в закладах освіти, що й визначає наукову та практичну значущість даної дипломної роботи [3, 51, 52].

РОЗДІЛ 2
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика Оліївської територіальної громади та передумови формування антропогенного навантаження на атмосферне повітря

Оліївська сільська територіальна громада Житомирського району Житомирської області утворена 29.10.2017 року та займає площу 302,4 км², що робить її однією з територіально значних громад району.

Чисельність населення громади становить 11 550 осіб, з яких 5 464 особи проживають у межах центральних і прилеглих населених пунктів, а 6 086 осіб – у сільській периферії, що формує мозаїчну структуру розселення та нерівномірний розподіл антропогенного навантаження на довкілля.

До складу громади входить 21 населений пункт, що зумовлює наявність розгалуженої мережі соціальної, транспортної та інженерної інфраструктури. Така просторова структура є визначальною для формування локальних осередків впливу на атмосферне повітря, особливо в місцях концентрації об'єктів соціальної сфери, зокрема закладів освіти, охорони здоров'я та культури.

Соціальна інфраструктура громади є однією з найбільш розвинених серед сільських територіальних громад району. На території Оліївської ТГ функціонує 6 закладів загальної середньої освіти, 9 закладів дошкільної освіти, у яких навчається 739 учнів та виховується 150 дітей дошкільного віку.

Крім того, 288 учнів потребують щоденного підвезення, для чого використовується 4 шкільні автобуси, що також формує додаткове транспортне навантаження на атмосферне повітря.

Функціонування такої кількості освітніх закладів передбачає стабільне енергозабезпечення, особливо в умовах перебоїв електропостачання. Саме тому у закладах освіти громади експлуатуються дизельні генератори як резервні джерела електроенергії, які є стаціонарними неорганізованими джерелами викидів і відіграють помітну роль у формуванні локального атмосферного навантаження, особливо в межах населених пунктів.

Економічний профіль громади характеризується поєднанням аграрного виробництва, переробної промисловості та логістично-транспортної діяльності. На території громади функціонують підприємства з виробництва електричного та електронного устаткування для автотранспортних засобів, холодильного та морозильного обладнання, будівельних матеріалів і гранітної продукції.

Найбільшими бюджетоутворюючими підприємствами є завод «Кромберг енд Шуберт», ТОВ «Юка-Інвест», ЖФ ТОВ «Аскона-Південь», ПРАТ «Житомир-Авто», що створює додаткове промислове навантаження на атмосферне повітря громади.



Рис. 1. Оглядова карта Оліївської громади

Транспортний комплекс Оліївської територіальної громади є одним із ключових чинників формування викидів забруднюючих речовин. Через територію громади проходить 28,1 км доріг державного значення та 82,8 км доріг місцевого значення, а пасажирські перевезення здійснюють 5 приватних перевізників на 50 приміських і міжміських маршрутах

Крім того, через громаду проходить лінія Південно-Західної залізниці зі станцією Строковиці, розташованою в с. Трокович, що додатково підсилює транспортно-інфраструктурний тиск на атмосферне повітря.

У сукупності зазначені чинники – значна площа громади (302,4 км²), чисельність населення (11 550 осіб), наявність 21 населеного пункту, розвинена мережа закладів освіти та інтенсивна транспортна і виробнича діяльність – формують складну багатофакторну систему антропогенного впливу на атмосферне повітря. У цій системі стаціонарні джерела викидів соціальної інфраструктури, зокрема дизельні генератори закладів освіти, не є домінуючими за масовими показниками, проте мають важливе екологічне значення з огляду на локальний характер впливу та близькість до місць постійного перебування дітей.

Таким чином, Оліївська територіальна громада є репрезентативною моделлю для дослідження впливу стаціонарних джерел соціальної інфраструктури на стан атмосферного повітря. Використання даних паспорта громади дозволяє обґрунтовано оцінити просторові, соціально-економічні та інфраструктурні передумови формування атмосферного навантаження і підтверджує актуальність проведеного дослідження в контексті екологічної безпеки та сталого розвитку громади.

2.2. Опис виробничого процесу та характеристика джерел викидів

Виробнича діяльність на території об’єкта не здійснюється. Формування викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря пов’язане виключно з експлуатацією резервного джерела електроживлення – дизельного генератора, який використовується у разі аварійного або планового відключення централізованого електропостачання.

Для забезпечення безперебійної роботи електричного обладнання, зокрема котельні, на об’єкті встановлено дизельний генератор «Konner & Sohnen KS 9100HDE-1/3 ATSR», який визначено як новостворене стаціонарне джерело викидів. Дизельне паливо зберігається безпосередньо у паливному баку генератора та використовується виключно в періоди його роботи.

Джерело викидів є неорганізованим, оскільки відведення відпрацьованих газів здійснюється без спеціальних газоочисних установок. Висота джерела становить 2,0 м, діаметр газоходу – 0,5 м. Річний фонд роботи дизельного

генератора прийнято на рівні 500 годин, номінальна електрична потужність обладнання становить 7,5 кВт. Річне споживання дизельного палива складає 0,317 т/рік, що відповідає 377,38 л/рік.

У процесі роботи дизельного генератора в атмосферне повітря надходять забруднюючі речовини, характерні для процесів спалювання дизельного палива, зокрема суспендовані тверді частинки, оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту), оксид азоту (I), аміак, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид вуглецю, неметанові леткі органічні сполуки, метан та бенз(а)пірен.

Розрахунок величин валових та секундних викидів забруднюючих речовин від дизельного генератора здійснювався розрахунковим методом відповідно до вимог «Руководства ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов, 2019», з використанням максимальних коефіцієнтів викидів для категорії 1.A.2.g.vii – позашляхові пересувні джерела та техніка.

Якісні характеристики дизельного палива прийняті згідно з нормативними довідковими даними. Нижча теплота згоряння палива становить 42,62 МДж/кг, а ваговий вміст сірки – 0,000003 г/г.

Максимальна річна витрата палива дизельного генератора визначалась за формулою:

$$Bv = T \cdot P \cdot 3,6 / Q$$

де

T – річний фонд роботи, год;

P – номінальна потужність, МВт;

Q – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг.

За результатами розрахунків річна витрата палива становить 0,317 т/рік, а середньогодинна – 0,176 кг/год.

Результати розрахунків показують, що домінуючим компонентом викидів від роботи дизельного генератора є вуглецю діоксид (CO_2), обсяг якого становить 1,002 т/рік при секундному викиді 0,154489 г/с. Це відповідає загальноприйнятій структурі викидів для дизельних енергетичних установок малої потужності та обумовлено процесами повного згоряння палива.

Серед інших забруднюючих речовин найбільші валові викиди характерні для оксиду вуглецю (0,003 т/рік), оксидів азоту у перерахунку на NO_2 (0,010 т/рік) та суспендованих твердих частинок (0,001 т/рік). Наявність оксиду вуглецю у складі викидів свідчить про часткове неповне згоряння палива під час експлуатації генератора, що є типовим для режимів змінного навантаження.

Викиди азоту (I) оксиду, аміаку, неметанових летких органічних сполук та метану мають незначні обсяги та знаходяться на рівні тисячних і мільйонних часток тонни на рік, що свідчить про їх обмежений вплив на стан атмосферного повітря. Викиди бенз(а)пірену є мінімальними та не перевищують 0,00000001 т/рік, що відповідає сучасним екологічним вимогам до експлуатації дизельних установок.

Оцінка викидів діоксиду сірки здійснювалась на основі припущення повного окиснення сірки, що міститься у паливі. За результатами розрахунків валовий викид SO_2 становить 0,000002 т/рік, а секундний – 0,0000003 г/с, що зумовлено низьким вмістом сірки в дизельному паливі.

Отримані результати свідчать, що дизельний генератор як стаціонарне джерело викидів характеризується низьким рівнем екологічного навантаження на атмосферне повітря. Всі розраховані обсяги викидів залишаються істотно нижчими за порогові значення, встановлені для взяття джерел на державний облік. Вплив генератора має локальний та епізодичний характер і проявляється лише під час його короткочасної експлуатації в аварійних режимах.

Троковицький ліцей розташований у селі Троковичі Житомирського району Житомирської області та є закладом загальної середньої освіти, що забезпечує навчальний процес для дітей шкільного віку. Ліцей функціонує як об’єкт соціальної інфраструктури, не здійснює виробничої діяльності, а його вплив на атмосферне повітря пов’язаний виключно з експлуатацією інженерно-технічного обладнання, зокрема резервного дизельного генератора, який використовується в аварійних ситуаціях.

Вишпільський заклад дошкільної освіти «Казочка», розташований за адресою: Житомирська область, Житомирський район, с. Вишпіль, вул.

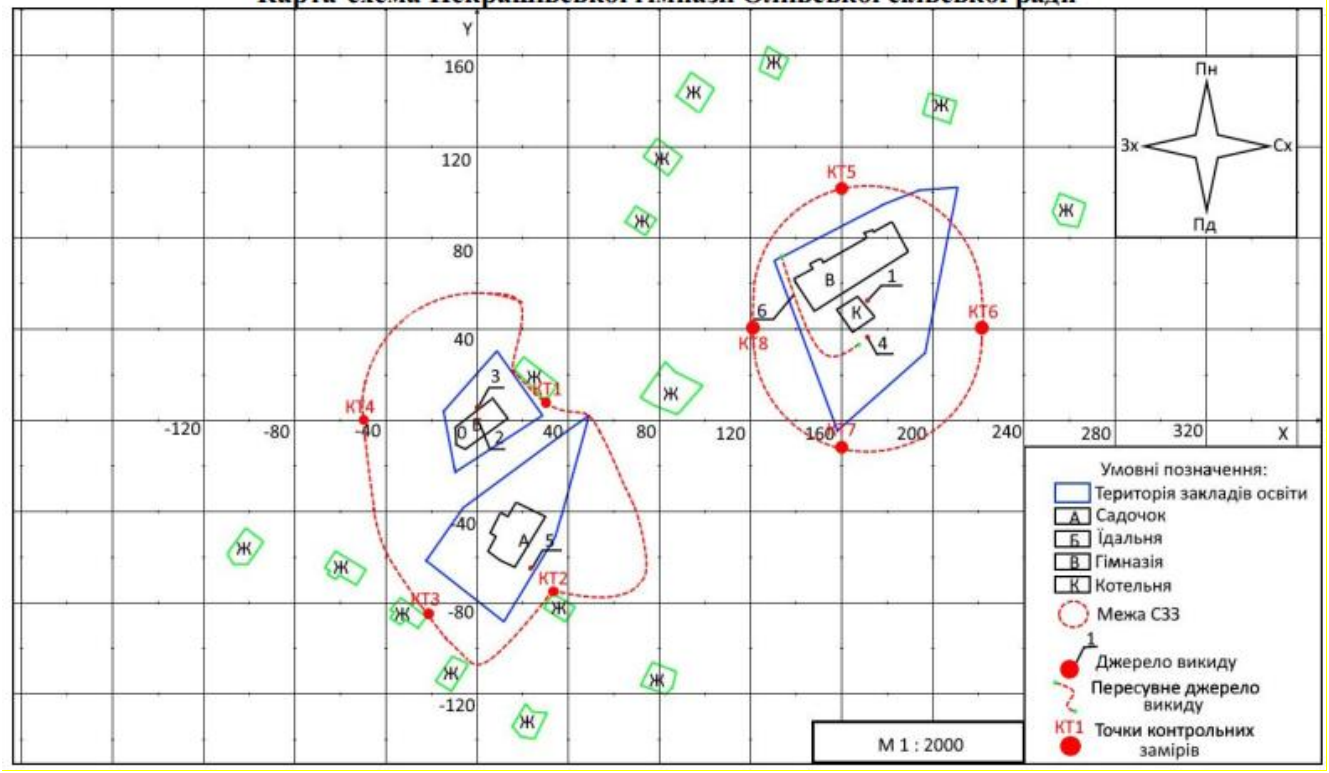
Житомирська, 50, здійснює освітньо-виховну діяльність для дітей дошкільного віку. Заклад не має стаціонарних виробничих потужностей, а утворення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря пов’язане з періодичною роботою дизельного генератора, який використовується для забезпечення безперебійного електропостачання.

Кам’янська гімназія, що знаходиться за адресою: Житомирська область, Житомирський район, с. Кам’янка, вул. Арзамакіна, буд. 35, є закладом загальної середньої освіти, діяльність якого спрямована на забезпечення навчального процесу та функціонування допоміжної інфраструктури. Потенційний вплив на стан атмосферного повітря зумовлений експлуатацією резервного дизельного генератора, який працює в обмеженому часовому режимі.

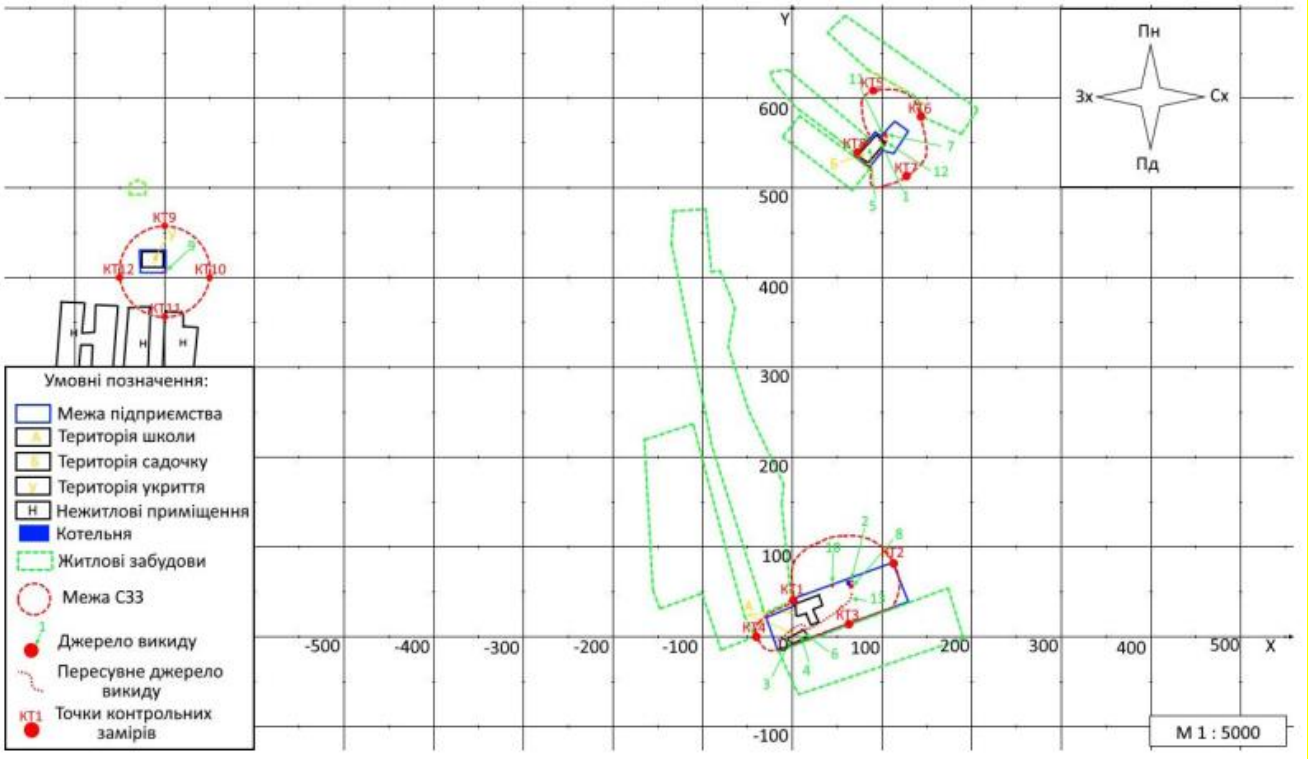
Кам’янський заклад дошкільної освіти «Золоте сонечко», розташований за адресою: Житомирська область, Житомирський район, с. Кам’янка, вул. Тинюкова, 14, є об’єктом соціальної сфери, що забезпечує дошкільну освіту та догляд за дітьми. Заклад не здійснює виробничої діяльності, а джерелом утворення викидів забруднюючих речовин є дизельний генератор, який використовується епізодично у разі відключення електропостачання.

Некрашівська гімназія, що знаходиться за адресою: Житомирська область, Житомирський район, с. Некраші, вул. Високівська, 10, належить до закладів загальної середньої освіти та функціонує в межах сільської житлової забудови. Вплив об’єкта на атмосферне повітря є мінімальним і формується виключно під час короткочасної роботи резервного дизельного генератора.

Карта-схема Некрашівської гімназії Оліївської сільської ради



Карта-схема закладів освіти с. Кам'янка Оліївської сільської ради



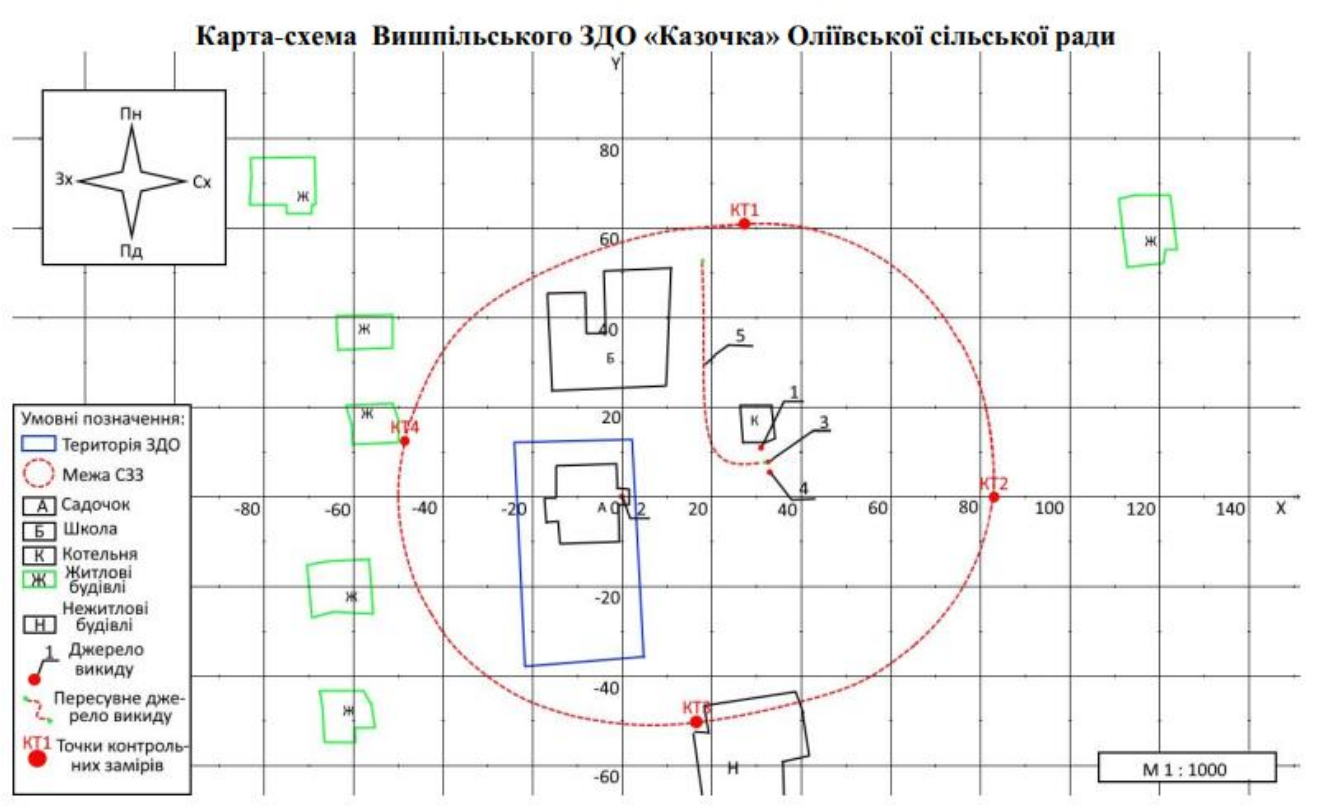




Рис. 2. Карти-схеми об’єктів дослідження

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика дизельних генераторів та режимів їх експлуатації в закладах освіти Оліївської територіальної громади

У межах Оліївської територіальної громади дизельні генератори використовуються у закладах освіти як резервні джерела електропостачання з метою забезпечення безперебійного функціонування навчального процесу та об’єктів соціальної інфраструктури в умовах аварійних відключень централізованого електропостачання. Дослідженням охоплено чотири об’єкти освіти, на території яких експлуатуються дизельні генератори різної потужності, але з подібними умовами та режимами роботи.

Аналіз технічних характеристик показав, що на досліджуваних об’єктах встановлено дизельні генератори потужністю від 7,5 до 9,0 кВт, які функціонують переважно в аварійному режимі. Річний фонд роботи генераторів, згідно з матеріалами інвентаризації стаціонарних джерел викидів, не перевищує 500 годин на рік, що свідчить про епізодичний характер їх експлуатації. Незважаючи на обмежену тривалість роботи, генератори є стаціонарними джерелами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

На всіх чотирьох об’єктах генератори працюють на дизельному паливі та використовуються для живлення електричного обладнання під час надзвичайних або аварійних ситуацій. Паливо зберігається безпосередньо в паливних баках генераторів, що виключає необхідність облаштування окремих сховищ, але водночас вимагає дотримання вимог екологічної та пожежної безпеки.

Під час роботи дизельних генераторів в атмосферне повітря надходять типові для дизельних двигунів внутрішнього згоряння забруднюючі речовини, зокрема оксид вуглецю, оксиди азоту, діоксид сірки, тверді частинки та продукти неповного згоряння палива. Формування викидів має локальний характер і залежить від потужності генератора, тривалості його роботи та технічного стану обладнання.

Особливістю експлуатації дизельних генераторів у закладах освіти є їх розміщення в межах населених пунктів, часто у безпосередній близькості до житлової забудови. Це зумовлює підвищені вимоги до оцінки впливу викидів на якість атмосферного повітря та необхідність аналізу дотримання санітарно-захисних зон. У зв'язку з цим дизельні генератори, незважаючи на допоміжний характер їх використання, потребують екологічної оцінки як потенційні джерела атмосферного навантаження.

Загалом умови експлуатації дизельних генераторів на досліджуваних об'єктах є подібними, що дозволяє здійснювати порівняльний аналіз їх впливу на атмосферне повітря та формувати узагальнені висновки щодо екологічної безпеки використання резервних джерел електропостачання в закладах освіти Оліївської територіальної громади.



Рис. 3. Сумарна встановлена потужність дизельних генераторів у закладах освіти Оліївської територіальної громади

Аналіз даних, наведених на рис. 3, свідчить, що найбільша сумарна встановлена потужність дизельних генераторів характерна для Кам'янської гімназії та ЗДО «Золоте сонечко», що зумовлено наявністю двох генераторів загальною потужністю 15,0 кВт. Для Вишпільського ЗДО «Казочка» та Некрашівської гімназії сумарна потужність генераторів є однаковою і становить

по 7,5 кВт, що відповідає встановленню одного резервного джерела електропостачання. Троковицький ліцей займає проміжне положення з показником 9,0 кВт. Виявлені відмінності визначають різний рівень потенційного атмосферного навантаження від роботи дизельних генераторів у межах досліджуваних об’єктів.

3.2. Аналіз обсягів викидів забруднюючих речовин від дизельних генераторів

У межах даного підрозділу виконано комплексний аналіз обсягів та структури викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел чотирьох закладів освіти Оліївської територіальної громади: Кам’янка, Троковичі, Вишпіль та Некраші. Оцінювання здійснено на основі даних обґрунтовуючих документів, , які містять відомості про фактичні та потенційні обсяги викидів основних забруднюючих речовин, а також їх співвідношення з пороговими значеннями для взяття джерел на державний облік.

Стаціонарні джерела викидів досліджуваних закладів освіти представлені переважно установками спалювання палива, що функціонують для забезпечення теплопостачання та резервного електроживлення. Незважаючи на відносно невелику потужність таких джерел у порівнянні з промисловими об’єктами, їх вплив на якість атмосферного повітря має локальний характер і потребує детального аналізу з урахуванням умов експлуатації, складу викидів та особливостей територіального розміщення.

Загальні обсяги викидів забруднюючих речовин суттєво відрізняються між досліджуваними об’єктами, що зумовлено різною потужністю стаціонарних джерел, обсягами споживання палива, тривалістю роботи обладнання та режимами його експлуатації. Мінімальні сумарні викиди зафіксовано для закладу освіти у с. Некраші, тоді як максимальні – для об’єкта у с. Троковичі. Проміжні значення характерні для Кам’янки та Вишполя, що свідчить про неоднорідність атмосферного навантаження в межах громади та необхідність індивідуального підходу до оцінки кожного об’єкта.

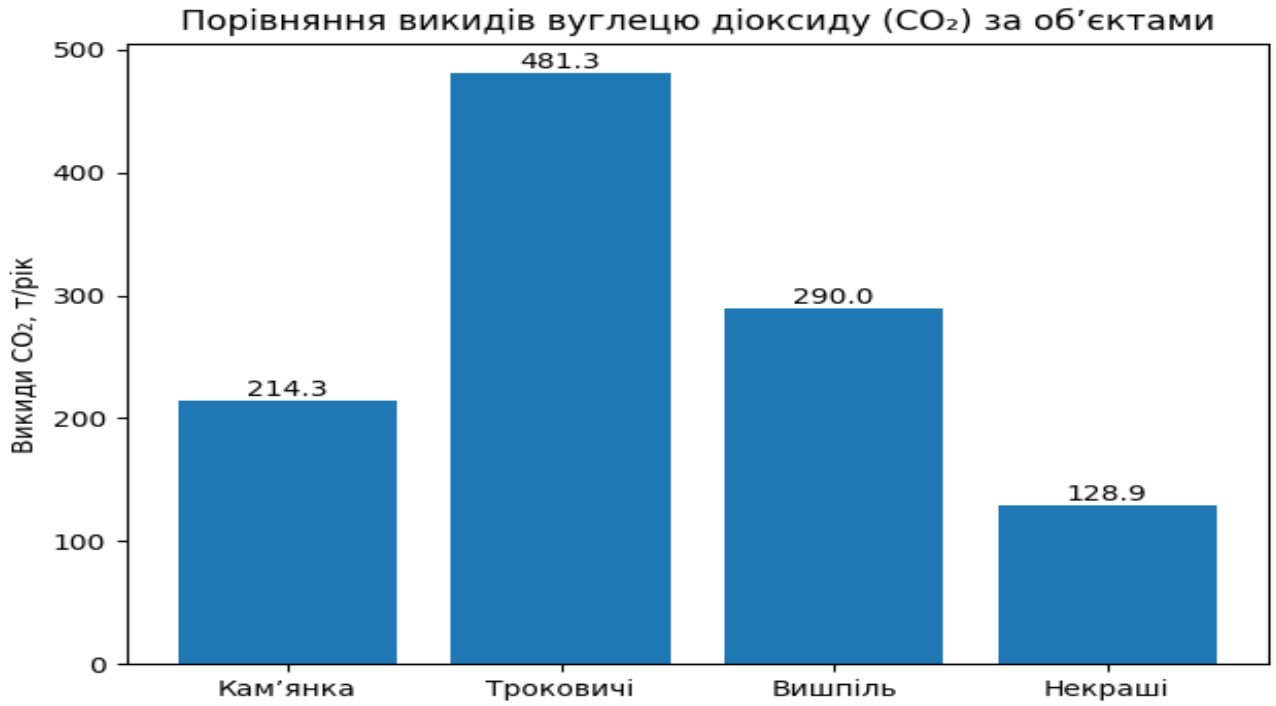


Рис. 4. Порівняння викидів вуглецю діоксиду (CO_2) за об'єктами

Як видно з рисунка, найбільші обсяги викидів CO_2 характерні для закладу освіти у с. Трокович (≈481,3 т/рік), що майже вдвічі перевищує відповідні показники для Кам'янки (≈214,3 т/рік). Проміжне положення займає заклад у с. Вишпіль (≈290,0 т/рік), тоді як мінімальні викиди зафіксовано у с. Некраші (≈128,9 т/рік). Отримані відмінності зумовлені різною інтенсивністю роботи стаціонарних джерел та обсягами споживання палива.

Структурний аналіз викидів показує, що для всіх досліджуваних закладів освіти домінуючим компонентом є вуглецю діоксид (CO_2), частка якого перевищує 95–99 % від загального обсягу викидів. Найвищі обсяги викидів CO_2 характерні для об'єкта у с. Трокович, що зумовлено більшою інтенсивністю роботи стаціонарних джерел та підвищеним споживанням палива. Найнижчі значення зафіксовано у с. Некраші, де обсяги енергоспоживання є мінімальними серед досліджуваних об'єктів.

Така структура викидів є типовою для стаціонарних джерел соціальної інфраструктури та обумовлена процесами повного згоряння палива під час експлуатації теплогенеруючого обладнання. Висока частка CO_2 свідчить про домінування парникового компонента у складі викидів, що має значення в

контексті кліматичних аспектів, проте не визначає безпосередній токсикологічний вплив на якість приземного шару атмосферного повітря.

Разом із тим, з екологічної точки зору визначальне значення мають забруднюючі речовини з меншими масовими обсягами, проте з вищою токсикологічною та санітарно-гігієнічною значущістю. До таких речовин належать оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NOx) та суспендовані тверді частинки, які формують локальне навантаження на атмосферне повітря в зоні впливу стаціонарних джерел.

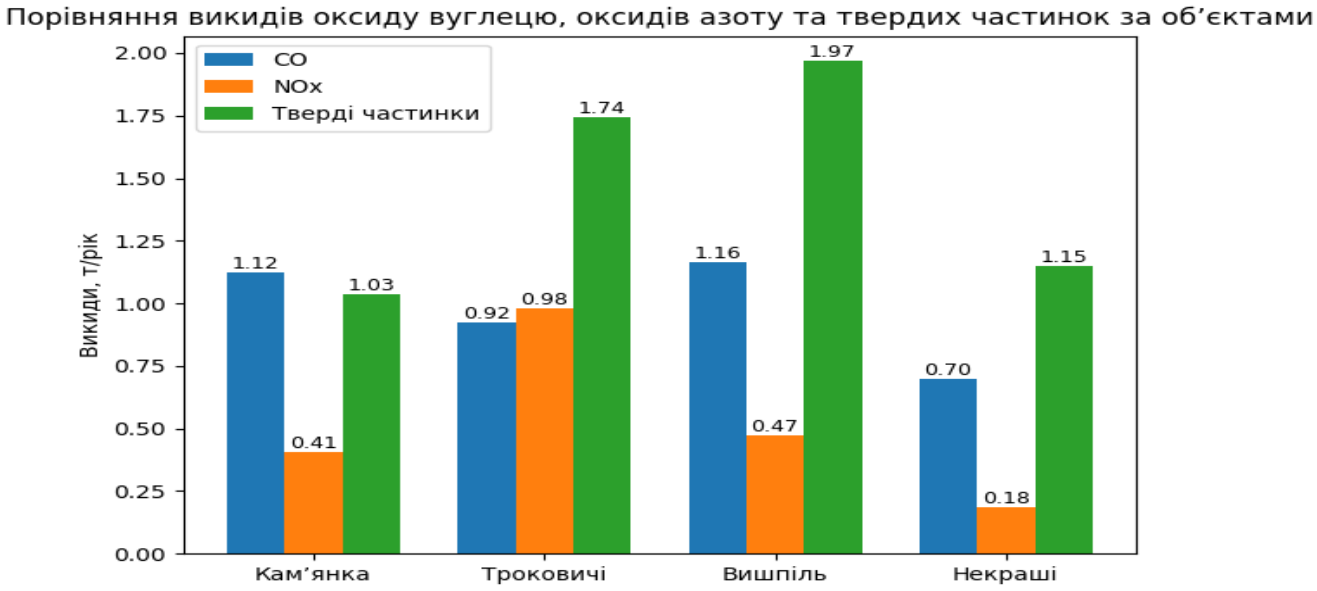


Рис.5. Порівняння викидів оксиду вуглецю, оксидів азоту та твердих частинок за об'єктами

З рисунка видно, що викиди оксиду вуглецю (CO) коливаються в межах 0,70–1,16 т/рік, з максимальними значеннями у Вишполі (≈1,16 т/рік) та Кам'янці (≈1,12 т/рік), що може свідчити про менш ефективні режими згоряння палива.

Найвищі викиди оксидів азоту (NOx) характерні для Троковичів (≈0,98 т/рік), де їх рівень наближається до порогового значення 1,0 т/рік, тоді як у Некрашах вони є мінімальними (≈0,18 т/рік).

Викиди суспендованих твердих частинок є найбільшими у Вишполі (≈1,97 т/рік) та Троковичах (≈1,74 т/рік), що формує підвищене локальне навантаження на атмосферне повітря порівняно з іншими об'єктами.

Аналіз викидів оксиду вуглецю (CO) показує, що їх рівні коливаються в межах від мінімальних значень у с. Некраші до максимальних у с. Вишпіль та Кам’янка. Підвищені обсяги викидів CO є характерними для режимів неповного згоряння палива та можуть свідчити про нерівномірність навантаження обладнання або особливості його технічного стану. В умовах локальної забудови навіть відносно невеликі викиди CO можуть впливати на якість повітря у безпосередній близькості до джерела.

Викиди оксидів азоту (у перерахунку на NO_2) мають найбільші значення для об’єкта у с. Трокoвичі, де їх рівень наближається до порогового значення для взяття джерела на державний облік. Для інших закладів освіти значення NOx є помітно нижчими, що свідчить про відносно помірний рівень впливу на якість атмосферного повітря. Формування оксидів азоту обумовлене високотемпературними процесами згоряння палива, а їх підвищені концентрації можуть мати несприятливий вплив на стан атмосферного повітря та здоров’я населення.

Щодо суспендованих твердих частинок, найбільші обсяги викидів характерні для закладів у с. Вишпіль та с. Трокoвичі, тоді як мінімальні – для Кам’янки. Тверді частинки є одним із найбільш небезпечних компонентів атмосферного забруднення, оскільки здатні накопичуватися у приземному шарі повітря та негативно впливати на органи дихання людини. Особливо несприятливими умовами для їх розсіювання є періоди слабкого вітру та температурних інверсій, що характерні для холодного періоду року.

Окремої уваги заслуговують неметанові леткі органічні сполуки, діоксид сірки, аміак та бенз(а)пірен, які присутні у викидах досліджуваних стаціонарних джерел у незначних кількостях. Хоча їх масові обсяги є низькими, наявність таких речовин свідчить про складний багатокомпонентний характер викидів і потребує врахування при комплексній оцінці впливу на атмосферне повітря.

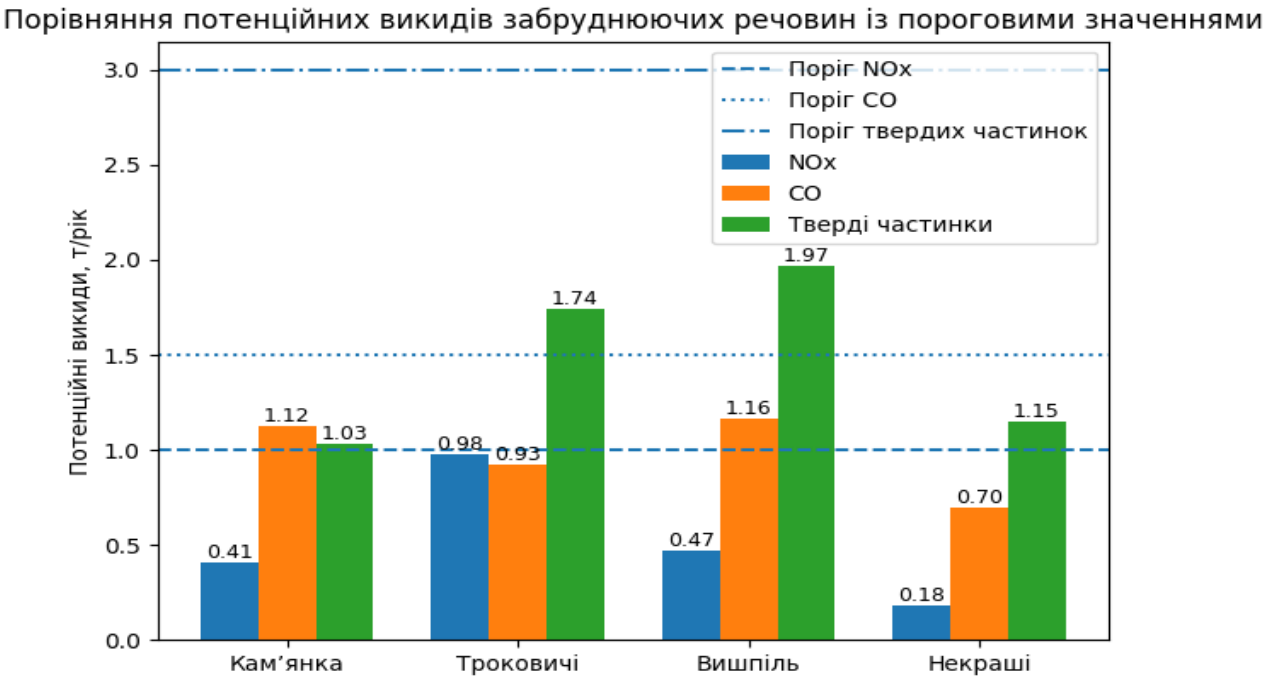


Рис. 6. Порівняння потенційних викидів забруднюючих речовин із пороговими значеннями

Порівняння потенційних обсягів викидів оксидів азоту, оксиду вуглецю та суспендованих твердих частинок із пороговими значеннями показує, що для жодного з досліджуваних закладів освіти не зафіксовано перевищення нормативних рівнів. Найбільші значення викидів NOx спостерігаються у с. Троковичі (≈0,98 т/рік), що наближається до порогового значення 1,0 т/рік, однак не перевищує його. Викиди оксиду вуглецю в усіх об'єктах залишаються нижчими за пороговий рівень 1,5 т/рік, а максимальні обсяги викидів твердих частинок (≈1,97 т/рік у Вишполі) становлять менше двох третин допустимого порогового значення. Це свідчить про контрольований характер впливу стаціонарних джерел на атмосферне повітря.

Порівняння потенційних обсягів викидів забруднюючих речовин із пороговими значеннями для взяття на державний облік показує, що для жодного з досліджуваних закладів освіти не зафіксовано перевищення нормативних рівнів. Навіть максимальні значення викидів вуглецю діоксиду, оксидів азоту, оксиду вуглецю та твердих частинок залишаються нижчими за відповідні порогові показники, що свідчить про відсутність необхідності віднесення об'єктів до категорії джерел підвищеної екологічної небезпеки.

Разом із тим, наявні відмінності в обсягах та структурі викидів між окремими закладами освіти вказують на різний рівень атмосферного навантаження в межах територіальної громади. Найбільш напружена ситуація характерна для об’єкта у с. Троковичі, тоді як найменший вплив на атмосферне повітря спостерігається у с. Некраші. Кам’янка та Вишпіль займають проміжне положення, що зумовлено близькими технічними характеристиками стаціонарних джерел.

Таким чином, результати аналізу свідчать, що стаціонарні джерела викидів закладів освіти Оліївської територіальної громади загалом характеризуються низьким та контрольованим рівнем впливу на атмосферне повітря. Водночас виявлені відмінності у структурі та обсягах викидів створюють підґрунтя для подальшої оцінки умов розсіювання забруднюючих речовин, аналізу відповідності гранично допустимим концентраціям та обґрунтування природоохоронних заходів, що розглядаються у наступних підрозділах роботи.

3.3. Природоохоронні заходи щодо зменшення впливу стаціонарних джерел викидів закладів освіти Оліївської територіальної громади

На підставі виконаного аналізу обсягів та структури викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел закладів освіти Оліївської територіальної громади встановлено, що основним джерелом впливу на атмосферне повітря є дизельні генератори, які використовуються як резервні джерела електропостачання. Незважаючи на те, що фактичні та потенційні обсяги викидів не перевищують порогових значень для взяття об’єктів на державний облік, наявність локального атмосферного навантаження обумовлює доцільність впровадження комплексу природоохоронних заходів превентивного характеру.

Одним із ключових напрямів зменшення негативного впливу дизельних генераторів є підвищення ефективності їх технічної експлуатації. Регулярне проведення технічного обслуговування, своєчасна заміна витратних матеріалів та контроль за справністю паливної апаратури забезпечують стабільний процес згоряння палива та сприяють зниженню викидів оксиду вуглецю, оксидів азоту і

суспендованих твердих частинок. Особливої уваги потребують генератори з відносно вищими показниками викидів, що зафіксовані у закладах освіти сіл Троковичі та Вишпіль.

Важливим природоохоронним заходом є використання дизельного палива з покращеними екологічними характеристиками, зокрема зі зниженим вмістом сірки. Це дозволяє мінімізувати утворення діоксиду сірки та вторинних аерозольних частинок, що мають негативний вплив на якість атмосферного повітря у приземному шарі. Для генераторів, які характеризуються відносно більшими обсягами викидів, доцільним є розгляд можливості встановлення елементарних систем очищення вихлопних газів, зокрема каталізаторів окиснення або фільтрів твердих частинок, що забезпечить додаткове зниження токсикологічно значущих компонентів.

Значну роль у зменшенні атмосферного навантаження відіграє оптимізація режимів роботи дизельних генераторів. Оскільки їх експлуатація має епізодичний характер і пов’язана переважно з аварійними або плановими відключеннями електроенергії, доцільним є обмеження тривалості роботи генераторів до мінімально необхідного часу. За можливості слід враховувати метеорологічні умови та уникати роботи обладнання у періоди несприятливого розсіювання забруднюючих речовин, зокрема під час штилю або температурних інверсій.

Окрему увагу необхідно приділяти організації безпечних умов перебування учнів і персоналу закладів освіти під час роботи генераторів. Доцільним є обмеження доступу до зон безпосереднього впливу вихлопних газів, а також регламентування розміщення генераторів з урахуванням напрямків переважаючих вітрів та особливостей забудови території.

Перспективним напрямом зменшення викидів забруднюючих речовин є впровадження енергозберігаючих заходів, спрямованих на скорочення потреби у використанні дизельних генераторів. Підвищення енергоефективності будівель закладів освіти, модернізація систем освітлення та використання енергоощадного обладнання сприятимуть зниженню навантаження на резервні джерела живлення. У довгостроковій перспективі доцільним є впровадження альтернативних джерел

енергії, зокрема сонячних електростанцій у поєднанні з акумуляторними системами, що дозволить частково або повністю замістити роботу дизельних генераторів.

Для забезпечення ефективності природоохоронних заходів необхідною є організація систематичного екологічного контролю за роботою стаціонарних джерел. Ведення обліку часу роботи генераторів, обсягів споживаного палива та періодичне уточнення розрахунків викидів дозволять своєчасно оцінювати рівень атмосферного навантаження та запобігати його зростанню. Важливим є також підвищення екологічної обізнаності адміністрації та персоналу закладів освіти щодо впливу дизельних генераторів на стан атмосферного повітря та необхідності дотримання природоохоронних вимог.

Таким чином, реалізація запропонованих природоохоронних заходів забезпечить зменшення негативного впливу дизельних генераторів закладів освіти Оліївської територіальної громади на атмосферне повітря, сприятиме підвищенню екологічної безпеки функціонування об’єктів та відповідатиме принципам сталого розвитку території.

ВИСНОВКИ

1. Оліївська територіальна громада Житомирського району має площу 302,4 км² та чисельність населення понад 11,5 тис. осіб, що зумовлює наявність розвиненої соціальної інфраструктури, зокрема мережі закладів освіти, функціонування яких супроводжується утворенням локальних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Враховуючи соціальну значущість об'єктів освіти, оцінка їх впливу на стан атмосферного повітря є важливим елементом екологічної безпеки громади.

2. У межах дипломної роботи проаналізовано обсяги та структуру викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел чотирьох закладів освіти, розташованих у селах Кам'янка, Троковичі, Вишпіль та Некраші. Встановлено, що сумарні потенційні обсяги викидів становлять 217,03 т/рік для Кам'янки, 217,03 т/рік для Вишполя, 294,11 т/рік для Некрашів та 484,91 т/рік для Троковичів, що свідчить про суттєву диференціацію атмосферного навантаження між об'єктами.

3. Структурний аналіз показав, що домінуючим компонентом викидів для всіх досліджуваних закладів є вуглецю діоксид (CO_2), частка якого перевищує 95–99 % від загального обсягу. Найбільші викиди CO_2 характерні для Троковичів (481,26 т/рік), найменші – для Некрашів (128,91 т/рік), тоді як у Кам'янці та Вишполі вони становлять по 214,29 т/рік.

4. Разом із тим, з екологічної точки зору найбільш значущими є викиди токсикологічно небезпечних компонентів. Викиди оксидів азоту (NOx) коливаються в межах 0,18–0,98 т/рік, з максимальним значенням у Троковичах (0,978 т/рік), що наближається до порогового значення 1,0 т/рік, але не перевищує його. Викиди оксиду вуглецю (CO) становлять 0,70–1,16 т/рік, а суспендованих твердих частинок – 1,03–1,97 т/рік, з найбільшими значеннями у Вишполі та Троковичах.

5. Порівняння потенційних обсягів викидів із пороговими значеннями для взяття на державний облік показало, що жоден із досліджуваних закладів освіти не перевищує нормативно допустимих рівнів. Максимальні значення викидів

оксидів азоту, оксиду вуглецю та твердих частинок залишаються нижчими за відповідні порогові показники (NOx – 1,0 т/рік; CO – 1,5 т/рік; тверді частинки – 3,0 т/рік).

6. У результаті встановлено, що стаціонарні джерела викидів закладів освіти Оліївської територіальної громади формують локальне та контрольоване атмосферне навантаження, однак дизельні генератори у закладах освіти сіл Троковичі та Некраші потребують підвищеної уваги з огляду на відносно більші обсяги викидів. Запропоновані у роботі природоохоронні заходи спрямовані на оптимізацію режимів роботи дизельних генераторів, зменшення викидів забруднюючих речовин та підвищення рівня екологічної безпеки закладів освіти громади.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пронь О. Порівняння рівня забруднення повітря від генераторів з іншими джерелами енергії // Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування». 2025. № 1 (7). С. 37–43.

2. Eckhous B., Mathis W., Mutaugh D. Ten renewable energy trends to watch in 2021. World Oil. 2021. 01.06. https://www.worldoil.com/news/2021/1/6/ten-renewable-energy-trends-to-watch-in-20213. European Environment Agency (EEA). Air Quality in Europe – 2022 Report. https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022

4. European Commission. The EU Green Deal: Climate Action and Energy. 2020. https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_en

5. International Energy Agency (IEA). Energy Technology Perspectives. 2023. https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023

6. NAAQSTable. EPA: веб-сайт. https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table

7. Orlando C. What's the difference between regular and green energy? CHARIOT energy. 2019.05.07. https://chariotenergy.com/blog/whats-the-difference-between-regular-and-green-energy

8. One in three countries in the world lack any legally mandated standards for outdoor air quality. UNEP: веб-сайт. 2021. https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/one-three-countries-world-lack-any-legally-mandated-standards /

9. Pichai G. A basic difference between traditional and green energy sources. About Smart Cities. Cities, Events, Jour-nal. 2018.22.02. https://www.aboutsmartcities.com/ difference-traditional-green-energy-sources-2/

10. Top 5 Fastest-Growing renewable energy sources around the world. Earth ORG. 2021.10.05. https://earth.org/fastest-growing-renewable-energy-sources/

11. Renewable energy sources: energy trends shaping the future. Just energy. 2021. https://justenergy.com/blog/renew-able-energy-sources-energy-trends-future/

12. Regulating Air Quality: The First Global Assessment of Air Pollution Legislation. UNEP:веб-сайт. 2021. https://www.unep.org/resources/report/first-global-assessment-air-pollution-legislation

13. Renewable energy statistics 2020. International Renewable Energy Agency. 2020. 391 p. https://www.irena.org/publications/2020/Jul/Renewable-energy-statistics-2020

14. The 5 different kinds of renewable energy sources. CHARIOT Energy. 2020. https://chariotenergy.com/chariot-uni-versity/renewable-energy-sources/

15. The Environmental Impact of Natural Gas Generators. byReact Power Team. Sep 4. 2020. Environmental Impact. Natural Gas Generators. https://www.reactpower.com/blog/the-environmental-impact-of-natural-gas-generators/

16. The world's most used renewable power sources. Power Technology. 2020. 06.01. https://www.power-technology.com/features/featurethe-worlds-most-used-renewable-power-sources-4160168/

17. What is green energy? Definition, types and examples. TWI. 2021. https:// www.twi-global.com/technical-knowl-edge/faqs/what-is-green-energy

18. World Energy Council (2021). World Energy Trilemma Index: веб-сайт. https://www.worldenergy.org

19. World Health Organization. WHO global air quality guidelines. – Geneva : WHO, 2021. – 360 p.

20. World Health Organization. Health effects of particulate matter. – Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2013. – 96 p.

21. EMEP/EEA. Air pollutant emission inventory guidebook 2019. – Copenhagen : European Environment Agency, 2019. – 1700 p.

22. European Environment Agency. Air quality in Europe – 2022 report. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022. – 164 p.

23. International Energy Agency. Air pollution and energy systems. – Paris : IEA, 2020. – 210 p.

24. United Nations Environment Programme. Air pollution in Asia and the Pacific: science-based solutions. – Nairobi : UNEP, 2019. – 260 p.

25. Kumar P., Morawska L. The rise of diesel generators and their environmental impacts // Environmental Science & Technology. – 2019. – Vol. 53(4). – P. 1806–1814.

26. Préndez M., Ulriksen P. Emissions from diesel generators and their impact on urban air quality // Atmospheric Environment. – 2018. – Vol. 181. – P. 71–79.

27. Pope C. A., Dockery D. W. Health effects of fine particulate air pollution // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2006. – Vol. 56. – P. 709–742.

28. Seinfeld J. H., Pandis S. N. Atmospheric chemistry and physics. – New York : Wiley, 2016. – 1152 p.

29. Про охорону атмосферного повітря : Закон України від 16 жовтня 1992 р. № 2707-XII (зі змін. і доп.). – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12 (дата звернення: 10.01.2026).

30. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23 травня 2017 р. № 2059-VIII. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19 (дата звернення: 10.01.2026).

31. Про затвердження Порядку проведення робіт, пов’язаних з видачею дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами : постанова Кабінету Міністрів України від 13.03.2002 № 302. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/302-2002-п (дата звернення: 10.01.2026).

32. Про затвердження Порядку ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря : постанова Кабінету Міністрів України від 13.12.2001 № 1655. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1655-2001-п (дата звернення: 10.01.2026).

33. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (ДСП 201-97). – Київ, 1997. – 45 с.

34. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць : наказ МОЗ України від 14.01.2020 № 52. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20 (дата звернення: 10.01.2026).

35. Генсірук С. А. Основи екології та охорони довкілля. – Львів : Світ, 2011. – 432 с.

36. ARCADIA. Retrieved from https://blog.arcadia.com/three-green-alternatives-to-fossil-fuel-generators/ [in English].

37. Eckhous, B., Mathis, W., & Mutaugh, D. (2021). Ten renewable energy trends to watch in 2021. World Oil. Retrieved from https://www.worldoil.com/news /2021/1/6/ten-renewable-energy-trends-to-watch-in-2021 [in English].

38. European Environment Agency (EEA). Air Quality in Europe – 2022 Report. Retrieved from https://www.eea. europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022 [in English].

39. European Commission. The EU Green Deal: Climate Action and Energy. 2020. Retrieved from https://ec.europa.eu/ clima/policies/eu-climate-action_en [in English].

40. International Energy Agency (IEA). Energy Technology Perspectives. 2023. Retrieved from https://www.iea.org/ reports/energy-technology-perspectives-2023 [in English].

41. NAAQS Table. EPA: веб-сайт. Retrieved from https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table [in English].

42. Orlando, C. (2019). What's the difference between regular and green energy? CHARIOT energy. 2019.05.07. Retrieved from https://chariotenergy.com/blog/whats-the-difference-between-regular-and-green-energy [in English].

43. One in three countries in the world lack any legally mandated standards for outdoor air quality. UNEP: веб-сайт. 2021. Retrieved from https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/one-three-countries-world-lack-any-legallymandated-standards

44. Pichai, G. (2018). A basic difference between traditional and green energy sources. About Smart Cities. Cities, Events, Journal. Retrieved from https://www. aboutsmartcities.com/difference-traditional-green-energy-sources-2/ [in English].

45. Top 5 Fastest-Growing renewable energy sources around the world. Earth ORG. 2021.10.05. Retrieved from https://earth.org/fastest-growing-renewable-energy-sources/ [in English].

46. Renewable energy sources: energy trends shaping the future. Just energy. 2021. Retrieved from https://justenergy. com/blog/renewable-energy-sources-energy-trends-future/

47. Пронь О. Порівняння рівня забруднення повітря від генераторів з іншими джерелами енергії // Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування». 2025. № 1 (7). С. 37–43.

48. Бабич, А. С., С. Г. Годяев, and В. О. Улексин. "Підвищення ефективності знезараження при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій шляхом застосування балонних аерозольних генераторів." Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Безопасность жизнедеятельности 93 (2016): 151-156.

49. Катенін В., Лаптій О., Босюк А., Гринь С. Наскільки «зелена» альтернативна енергетика? // Молодий вчений. 2019. № 3 (67). С. 205–208.

50. Тихенко О., Зозуля Л., Коновалов А. Аналіз акустичного впливу електрогенераторів на довкілля // Сталий розвиток. 2021. № 2. С. 21.

51. Городнюк О. К., Павлюк О. В. Вплив дизельних генераторів на якість повітря // Виклики сьогодення та наслідки Чорнобильської катастрофи. Екологія. Наука. Практика-2026 : матеріали XXII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 23 квітня 2026 року, м. Житомир. Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 132–134.

52. Городнюк О. К. Екологічна оцінка впливу резервних джерел електроживлення на якість атмосферного повітря в територіальних громадах // Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, 24 березня 2026 року. Малин : Малинський фаховий коледж, 2026. С. 114–116.