

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СЕРКІЗ АНАСТАСІЯ СЕРГІЇВНА

УДК 504.064:504.054.4(477.84)

ДИСЕРТАЦІЯ

**НАУКОВІ ЗАСАДИ ОЦІНЮВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО
НАВАНТАЖЕННЯ НА УРБОСИСТЕМУ М. ТЕРНОПОЛЯ ТА
ОПТИМІЗАЦІЯ АТМОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ**

103 Науки про Землю

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ А.С. Серкіз

Науковий керівник: Царик Любомир Петрович, доктор географічних наук,
професор, завідувач кафедри геоекології та гідрології Тернопільського
національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

Тернопіль-2025

АНОТАЦІЯ

Серкіз А.С. Наукові засади оцінювання автотранспортного навантаження на урбосистему м. Тернополя та оптимізація атмоекоекологічного стану. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю. – Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, 2025 р.

Дослідження за темою дисертації здійснювалися у період з 2019-о по 2023-й р.р. відповідно до планів науково-дослідницьких робіт кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

У роботі представлено результати комплексного аналізу впливу автотранспортного навантаження на урбосистему міста Тернополя у контексті загальносвітових тенденцій урбанізації та зростання кількості транспортних засобів.

Методичною основою дослідження стали польові спостереження, автоматизований збір даних, математичне моделювання, аналіз часових рядів, статистичні методи, геоінформаційне картографування, нейромережеві технології тощо. З метою підвищення точності розрахунків та уникнення спотворень при обробці великих масивів даних застосовано комплексну методику формування та заповнення пропусків.

Використання цих методів, а також створення новітніх комбінацій між ними дало змогу забезпечити всебічну оцінку сучасного стану міського середовища.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної тематики, визначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами і грантами, сформульовано мету, об'єкт, предмет та завдання дослідження. Описано методи, що застосовані під час роботи, визначено наукову новизну, теоретичне та практичне значення отриманих результатів, а також особистий внесок здобувача.

У першому Розділі проаналізовано концептуальні засади дослідження.

У першому розділі здійснено огляд концептуальних та теоретичних засад дослідження. Встановлено, що викиди від пересувних джерел забруднення в місті Тернополі становлять 72 % від загального обсягу. Висвітлено основні проблеми щоденної експлуатації транспортних засобів.

Під час виконання роботи узагальнено міжнародний досвід у сфері сталого розвитку міст. Здійснено аналіз Конференції ООН з питань сталого розвитку «Майбутнє, якого ми хочемо» (20-22 червня 2012 р., Ріо-де-Жанейро, Бразилія). Розглянуто «Концепцію сталого розвитку населених пунктів», затверджену Постановою Верховної Ради України від 24 вересня 1999 року №1359-XIV та Національні цілі сталого розвитку до 2030 року, які визначають екологічну стійкість міст і раціональне управління урбанізованими територіями як пріоритетні напрями державної екологічної політики.

У дисертаційній роботі обґрунтовано необхідність комплексного підходу до оцінювання транспортного навантаження з урахуванням екологічного, соціального та економічного контексту.

Через призму стратегії стійкого розвитку міст проаналізовано баланс між соціальною, економічною та екологічною сферами за структурою видатків бюджету Тернополя за період з 2018 по 2021 р.р. Вибір цього періоду пов'язаний із обмеженням доступу до інформації від 2022-о року, внаслідок запровадження воєнного стану.

Досліджено структурні та функціональні зміни, визначено тенденції розвитку міського довкілля. Виокремлено сфери, які потребують додаткового фінансування.

У другому розділі систематизовано та проаналізовано архівні показники погодних умов м. Тернополя за 2019, 2021, 2023 роки. Характеристику погодно-кліматичних змін здійснено за той самий період, що й розрахунок транспортного навантаження на контрольних ділянках, оскільки погодні чинники істотно впливають на формування забруднень в урбосистемі. Вибір саме цього періоду

обумовлений наявністю повного масиву метеорологічних даних. Отримані показники використано також для розрахунку концентрації CO. Дані про швидкість і напрям вітру є визначальними для аналізу поширення забруднюючих речовин. Встановлено, що переважаючими у зазначені роки були вітри північно-західного (W, WNW, NW, NNW) та південно-східного (S, SE, SSE) напрямків. Це дало змогу визначити території, які потребують додаткових захисних заходів. Архівні погодні дані отримано за допомогою автоматизованих технологій — зокрема, API сервісу WeatherAPI.

У третьому розділі представлено поглиблений аналіз транспортної системи м. Тернополя за період з 2000 по 2020 роки.

Здійснено аналіз динаміки громадського транспорту за такими показниками, як кількість пасажирокілометрів, кількість перевезених осіб, середня відстань перевезення одного пасажирки, динаміка пасажирообігу, зміна вартості проїзду в маршрутних таксі, оновлення автопарку та структура викидів. Окремо розглянуто впровадження екологічних стандартів Євро в Україні як на нормативному рівні, так і в практичній діяльності.

Аналіз наявної статистичної інформації засвідчив, що офіційні дані щодо транспортного навантаження оприлюднювалися лише до 2015 р., а подальший моніторинг не здійснювався. Це обумовило необхідність проведення власних досліджень транспортного навантаження у 2019, 2021 та 2023 рр. на контрольних ділянках міста (вул. Руська, просп. Степана Бандери та частково вул. Протасевича).

Отримані результати разом з офіційними даними до 2015 р. дозволили екстраполювати значення транспортного навантаження для періоду з невідомим рівнем забруднення, що створює підґрунтя для формування точніших прогнозів і прийняття управлінських рішень щодо оптимізації атмоєкологічного стану міста.

Паралельно із визначенням рівня транспортного навантаження на основні вулично-дорожні артерії міста Тернополя проведено аналіз концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі, зокрема оксиду вуглецю (CO), за 2019, 2021 та 2023 роки. Для розрахунку концентрації CO у приземному шарі повітря

використано формулу Бегма в модифікації Шаповалова. Особливу увагу в дослідженні приділено встановленню залежності концентрацій оксиду вуглецю від характеру міської забудови та структури вулично-дорожньої мережі. У ході роботи виявлено значну залежність між коефіцієнтом аерації міської території та середньодобовими концентраціями СО в приземному шарі повітря, що має важливе практичне значення для планування екологічно безпечної забудови міського простору. Доведено, що навіть за меншого транспортного навантаження концентрації СО на ділянках із щільною забудовою та обмеженим повітрообміном перевищують показники точок, на яких спостерігається вища інтенсивність руху, але наявні кращі умови аерації.

Окрему увагу приділено аналізу впливу стаціонарних джерел забруднення — зокрема генераторів — на стан атмосферного повітря в умовах надзвичайних ситуацій, пов'язаних із відключенням централізованого електропостачання. Проведено дослідження динаміки змін забруднення повітря під час експлуатації генераторів у періоди енергетичних криз.

В підрозділі 3.3 роботи розглянуто питання асиміляції викидів шкідливих речовин зеленими насадженнями міста. Розглянуто зміни внесені до генерального плану міста, станом на 10.02.2024 р. Проведено інвентаризацію існуючих зелених зон, проаналізовано динаміку зміни площі зелених насаджень у співвідношенні до загальної площі міста. Охарактеризовано об'єкти зеленого господарства та визначено нормативно необхідні площі рослинності різних категорій. Виконано розрахунок дефіциту зелених насаджень та його просторового розподілу. Досліджено екологічні функції рослинності міського середовища, видовий склад основних деревних рослин, їхню газо- та пилостійкість. Встановлено, що існуючий асортимент зелених насаджень потребує оптимізації з метою підвищення асиміляційної здатності міських екосистем.

У четвертому розділі роботи проаналізовано транспортну мережу загальнодержавного та міжнародного значення, яка проходить територією Тернополя. Визначено вплив європейських маршрутів E50 (М-30), E85 (М-19) та

E372 (M-09) на стан навколишнього середовища міста. Піднято проблему змішування транзитних та міських транспортних потоків, що погіршує екологічну ситуацію для урбосистеми.

Розглянуто проблему стихійного паркування у межах міста. Запропоновано шляхи регулювання цього питання та підвищення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі вцілому.

Розроблено пропозиції щодо підвищення привабливості громадського транспорту для населення з метою зменшення використання індивідуального автотранспорту.

Досліджено проблему шумового забруднення та його негативного впливу на здоров'я населення. Розроблено рекомендації щодо зниження рівня акустичного забруднення міського середовища, зокрема в місцях із надмірною інтенсивністю транспортного руху.

У підрозділі 4.2 запропоновано комплекс заходів еколого-просвітницького характеру, спрямованих на формування екологічної свідомості населення та популяризацію екологічно безпечних моделей поведінки в умовах урбанізованого середовища.

У підрозділі 4.3 досліджено екомережу міста Тернополя, яка об'єднує заповідні території, парки, водні об'єкти та екологічні коридори. Проаналізовано її структуру, просторову організацію, площу природних угідь та рекреаційну ємність. Виявлено проблеми збереження водних ресурсів та забезпечення цілісності природного каркасу міста. Розроблено рекомендації щодо оптимізації просторових зв'язків між природоохоронними територіями для збереження екологічної рівноваги.

Результати дослідження можуть бути використані в практиці міського екологічного управління, транспортного планування, а також у навчальному процесі підготовки бакалаврів і магістрів екології у навчальних дисциплінах: екологія міських систем, системний аналіз якості навколишнього середовища, організація управління в екологічній діяльності, стратегія сталого розвитку.

Ключові слова: місто Тернопіль, автотранспортне навантаження, урбосистема, атмоекоекологічний стан, сталий розвиток, геопросторовий моніторинг, екомережа, зелені насадження Тернополя, асиміляційна спроможність рослинності, екологічна шкода.

ABSTRACT

Serkiz A. S. Scientific principles of assessment of motor vehicle load on the urban system of Ternopil and optimization of the atmoecological state. – Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 103 Earth Sciences. – Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, 2025.

The research on the topic of the dissertation was carried out during the period from 2019 to 2023 in accordance with the research plans of the Department of Geoecology and Hydrology of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.

The work presents the results of a comprehensive analysis of the impact of motor vehicle load on the urban ecosystem of the city of Ternopil in the context of global trends in urbanization and the growth in the number of vehicles.

The methodological basis of the study are field observations, automated data collection, mathematical modelling, analysis of time series, statistical methods, geoinformation mapping, neural network technologies, etc. In order to increase the accuracy of the calculations and to avoid distortions in the processing of large data ranges, a comprehensive method of formation and filling of gaps is used.

The use of these methods, as well as the creation of the latest combinations between them made it possible to ensure a comprehensive assessment of the current state of the urban environment.

The introduction substantiates the relevance of the selected topics, identifies the connection of work with scientific programs, plans, topics and grants, formulates the purpose, object, subject and objectives of the study. The methods used during the work are described, the scientific novelty, theoretical and practical importance of the results obtained is determined, as well as the personal contribution of the applicant.

The first Chapter provides an overview of the conceptual and theoretical and theoretical foundations of the study. It has been established that emissions from mobile

sources of pollution in the city of Ternopil account for 72% of the total volume. The main problems of the daily operation of motor vehicles are highlighted.

In the course of the work, international experience in the field of sustainable urban development is summarized. An analysis is carried out of the UN Conference on Sustainable Development “The Future We Want” (June 20–22, 2012, Rio de Janeiro, Brazil). The “Concept of Sustainable Development of Human Settlements,” approved by the Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine of September 24, 1999, No. 1359-XIV, and the National Sustainable Development Goals until 2030, which define environmental sustainability of cities and rational management of urbanized areas as priority directions of state environmental policy, were considered.

The dissertation substantiates the need for a comprehensive approach to assessing the transport load, taking into account the environmental, social and economic context.

Through the lens of the strategy for sustainable urban development, the balance between the social, economic, and environmental spheres is analyzed based on the structure of Ternopil's budget expenditures for the period from 2018 to 2021. The choice of this period is related to the restriction of access to information from 2022, as a result of the introduction of martial law.

Structural and functional changes have been investigated, and trends in the urban environment are identified. Areas that need additional funding are distinguished.

In the second Chapter, archival indicators of weather conditions in Ternopil for the years 2019, 2021, and 2023 are systematized and analysed. The characterization of weather and climate changes was carried out for the same period as the calculation of transport load on control sections, since weather factors significantly affect the formation of pollution in the urban system. The choice of this period was due to the availability of a complete set of meteorological data. In particular, the obtained indicators were also used to calculate CO concentration. Data on wind speed and direction are crucial for analysing the spread of pollutants. It is established that in the specified years, the prevailing winds were from the northwestern (W, WNW, NW, NNW) and southeastern (S, SE, SSE) directions. This made it possible to identify areas that require additional protective

measures. Archival weather data are obtained using automated technologies — in particular, the Weather API service.

The third Chapter presents an in-depth analysis of the Ternopil transport system for the period from 2000 to 2020.

The dynamics of public transport are analysed by such indicators as the number of passenger kilometres, the number of persons transported, the average distance of transportation of one passenger, the dynamics of passenger traffic, changing the cost of travel in route taxi, renovation of the fleet and the emission structure. The implementation of euro environmental standards in Ukraine at the normative level and in practical activity is considered separately.

The analysis of the available statistical information showed that official data on the transport load was published only by 2015, and further monitoring was not carried out. This led to conducting their own studies of transport load in 2019, 2021 and 2023 on the control sections of the city (Ruska St., Stepan Bandera Av. and partially Protasevich St.).

The results, together with official data by 2015, allowed to extrapolate the value of transport load for the period with an unknown level of pollution, which creates the basis for the formation of more accurate forecasts and making management decisions on optimization of the atmoecological condition of the city.

In parallel with determining the level of traffic load on the main street and road arteries of the city of Ternopil, the concentrations of harmful substances in the air, in particular carbon monoxide (CO), were analysed for 2019, 2021, and 2023. To calculate the concentration of CO in the surface air layer, the Begg's formula in the modification of Shapovalov is used. Particular attention in the study was paid to establishing the dependence of carbon monoxide concentrations on the nature of urban development and the structure of the road network. The study revealed a significant relationship between the aeration coefficient of the urban area and the average daily CO concentrations in the surface air layer, which was of great practical importance for planning environmentally safe urban development. It was proved that even with a lower traffic load, CO

concentrations in areas with dense buildings and limited air exchange exceed those in areas with higher traffic intensity but better aeration conditions.

Particular attention was paid to the analysis of the impact of stationary sources of pollution - in particular, generators - on the state of atmospheric air in emergency situations related to the disconnection of centralised power supply. The dynamics of changes in air pollution during the operation of generators in periods of energy crises is studied.

Subsection 3.3 of the paper considers the issue of assimilation of harmful substances by the city's green spaces. The changes made to the city's master plan as of 10.02.2024 are considered. An inventory of existing green areas is carried out, the dynamics of changes in the area of green spaces in relation to the total area of the city is analysed. The green facilities were characterised and the normatively required areas of vegetation of different categories were determined. The deficit of green spaces and its spatial distribution is calculated. The ecological functions of urban vegetation, the species composition of the main woody plants, their gas and dust resistance are studied. It is established that the existing range of green spaces needs to be optimised in order to increase the assimilation capacity of urban ecosystems.

The fourth Chapter analyses the transport network of national and international importance that passes through the territory of Ternopil. The impact of the European routes E50 (M-30), E85 (M-19) and E372 (M-09) on the city's environment is determined. The problem of mixing transit and urban traffic flows, which worsens the environmental situation for the urban system, is raised.

The problem of spontaneous parking within the city is considered. The ways of regulating this issue and increasing the capacity of the street and road network in general are proposed.

Proposals are developed to increase the attractiveness of public transport for the population in order to reduce the use of private vehicles.

The problem of noise pollution and its negative impact on public health is investigated. Recommendations have been developed to reduce the level of acoustic pollution of the urban environment, in particular in places with excessive traffic intensity.

Subsection 4.2 proposes a set of environmental and educational measures aimed at shaping the environmental awareness of the population and promoting environmentally friendly behavioural patterns in the urban environment.

Subsection 4.3 examines the ecological network of Ternopil, which includes protected areas, parks, water bodies and ecological corridors. Its structure, spatial organisation, area of natural lands and recreational capacity are analysed. The problems of water conservation and ensuring the integrity of the city's natural framework are identified. Recommendations for optimising spatial connections between protected areas to maintain ecological balance are developed.

The results of the study can be used in the practice of urban environmental management, transport planning, as well as in the educational process of training bachelors and masters of ecology in the following disciplines: ecology of urban systems, system analysis of environmental quality, management organisation in environmental activities, sustainable development strategy.

Keywords: city of Ternopil, motor vehicle traffic, urban system, atmospheric and ecological state, sustainable development, geospatial monitoring, ecological network, green spaces of Ternopil, assimilation capacity of vegetation, environmental damage.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України

1. Серкіз А. Геоекологічні аспекти автотранспортного забруднення і продукування парникових газів у м. Тернополі. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. 2022. № 1 (52). С. 176 – 184. <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.1.22>
2. Серкіз А. Емісія парникових газів у місті Тернопіль станом на весну 2023-го року. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. 2023. № 2 (55). С. 89-96. <https://doi.org/10.25128/2519-4577.23.2.11>
3. Серкіз А. Урбоекосистема Тернополя в умовах транспортного навантаження. *Український журнал природничих наук*. 2024. №10. С. 264 – 275. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.10.2024.25>

Наукові публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. Серкіз А. Вплив міського автотранспорту на стан атмосферного повітря вулиці Руська та проспекту Степана Бандери міста Тернополя. Матеріали звітної наукової конференції викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін та НДЛ “Моделювання еколого-географічних систем”. Тернопіль: Редакційно-видавничий відділ ТНПУ, 2021. С. 68-73.
5. Серкіз А. Зелені насадження та заповідні зони міста Тернополя (за участі М.П. Чайковського). Всеукраїнська науково-практична конференція присвячена життю і діяльності М.П. Чайковського. 22 вересня 2022 р. Тернопіль: ТНПУ, 2022. С. 142 – 146.
6. Серкіз А. Забруднення атмосферного повітря автотранспортом у місті Тернополі. Матеріали звітної наукової конференції викладачів, аспірантів,

магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін та НДЛ *“Моделювання еколого-географічних систем”*. Тернопіль: Редакційно-видавничий відділ ТНПУ, 2022. С 61-65.

7. Серкіз А. Емісія парникових газів у місті Тернополі. Матеріали звітної наукової конференції викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін та НДЛ *“Моделювання еколого-географічних систем”*. Тернопіль: Редакційно-видавничий відділ ТНПУ, 2023. С. 42-47.

8. Серкіз А. С. Порівняльний аналіз забруднення атмосферного повітря автотранспортом у містах Тернопіль та Луцьк. *Подільські читання-2023: комунікаційні стратегії для реалізації геоекологічних ініціатив та проєктів: матеріали міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 30-річчю першого набору на спеціальність «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» у Тернопільському національному педагогічному університеті ім. В. Гнатюка*. 2-3 листопада 2023 р. Тернопіль: ТНПУ, 2023. С. 130-133

9. Серкіз А. С. Автотранспортне забруднення повітря Тернополя: роль метеорологічних чинників. *Подільські читання-2024: Дослідження, охорона довкілля та збереження біотичного та ландшафтного різноманіття, природнича освіта*. 21 – 22 листопада 2024 р. Кам'янець-Подільський

10. Серкіз А. С. Тернопіль: сталий розвиток через екологічну призму. *Current trends in scientific research development: V international scientific and practical conference*. December 12 – 14 2024. Boston, USA, 2024. Pp. 354 – 362.

11. Серкіз А. С. Аналіз бюджетних видатків міста Тернополя: екологічна складова сталого розвитку. Матеріали звітної наукової конференції викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін та НДЛ *“Моделювання еколого-географічних систем”*. Тернопіль: Редакційно-видавничий відділ ТНПУ, 2024. С. 56-70.

12.Серкіз А. С. Залежність рівня концентрації CO_2 від інтенсивності руху автотранспорту, щільності забудови та зелених насаджень: результати дослідження Тернополя. *Міждисциплінарні інтеграційні процеси у системі географічної, туризмологічної та екологічної науки*. Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка. Україна, Тернопіль. 15–16 трав. 2025.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	13
ВСТУП.....	14
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ...	21
1.1 Концептуальні засади дослідження.....	21
1.2 Наукові підходи до оцінювання впливу транспортних засобів на екосистеми міст.....	33
1.3 Алгоритм дослідження урбоекосистеми Тернополя.....	53
РОЗДІЛ 2. УРБООКОСИСТЕМА ТЕРНОПОЛЯ В УМОВАХ ТРАНСПОРТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	58
2.1 Урбоекосистема Тернополя як об'єкт дослідження.....	58
2.2 Тенденції зміни ступеня збалансованості урбоекосистеми.....	71
2.3 Характеристика погодно-кліматичних змін урбоекосистеми	91
РОЗДІЛ 3. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПРОСТОРОВА СТРУКТУРА ТРАНСПОРТНОЇ ПІДСИСТЕМИ	108
3.1 Просторова модель впливу автотранспорту за проїзними шляхами міста	108
3.2 Характеристика транспортних навантажень. Обсяги та структура викидів транспорту. Розподіл навантаження за періодами доби	119
3.3 Асиміляція викидів зеленими насадженнями	134
РОЗДІЛ 4. ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ЕКОЛОГІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	143
4.1 Заходи регулювання руху транспорту. Архітектурно-планувальні заходи та шумопоглинання.....	143
4.2 Заходи еколого-просвітницького характеру. Підвищення свідомості руху на дорозі	154
4.3 Екомережа міста.....	155
ВИСНОВКИ	163

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	165
ДОДАТКИ.....	188

Перелік умовних скорочень

K33M – комплексна зелена зона міста

N – Північ

NNE – Північ-північний схід

NE – Північний схід

ENE – Схід-північний схід

E - Схід

ESE – Схід-південний схід

SE – Південний-схід

SSE – Південь-південний схід

S - Південь

SSW – Південь-південний захід

SW – Південний захід

WSW – Захід-південний захід

W – Захід

WNW – Захід-північний захід

NW – Північний захід

NNW – Північ-північний захід

ГДК – гранично допустима концентрація

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

кВт – кіловат

дБ – децибел

МВСР – міжнародні виміри сталого розвитку

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження. Сталий розвиток населених пунктів передбачає гармонійне поєднання соціальних, економічних і екологічних аспектів розвитку міських та сільських територій з метою формування сприятливих умов життя нинішнього і майбутніх поколінь на засадах ефективного використання природних ресурсів. Згідно з документом [99], спостерігається тенденція до збільшення загальної площі територій населених пунктів в Україні. Фіксується тенденція до неефективного використання земельних ресурсів. Зростання рівня автомобілізації українських міст, зокрема Тернополя, призводить до підвищення транспортного навантаження на урбанізовані території та погіршення атмоєкологічного стану. У контексті змін клімату, зменшення площі зелених насаджень та збільшення щільності забудови проблема забруднення атмосферного повітря пересувними джерелами набула особливої гостроти. Недостатній рівень автоматизованого моніторингу, фрагментарність зеленої інфраструктури та застарілі підходи до планування транспортної системи обумовлюють необхідність розроблення нових методик оцінювання та управлінських рішень, що базуються на інтеграції просторового аналізу, сучасних цифрових технологій та принципів сталої мобільності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертаційне дослідження пов'язане із Програмою охорони навколишнього природного середовища Тернопільської міської територіальної громади на 2020 - 2023 роки (Рішення Тернопільської міської ради №7/41/33 від 06.12.2019 р.), 2024 – 2027 роки (Рішення Тернопільської міської ради №8/39/13 від 07.06.2024 р.) та Планом сталої мобільності Тернопільської міської територіальної громади (рішення від 04.03.2022 р.).

Автор виконував дослідження за темою науково-дослідної роботи кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка:

«Концептуальні і прикладні засади геоекологічної оцінки впливу на довкілля, природоохоронного менеджменту та екологічної безпеки геосистем Подільського регіону» (Державний реєстраційний номер 0119U100590), а також «Оптимізація екосистемних послуг у природно-господарських, у тому числі річково-басейнових системах на засадах сталого розвитку – як важлива інвестиція підтримання природних процесів у довкіллі, добробуту та рівня життя населення» (Державний реєстраційний номер 0124U001851).

Метою роботи є розроблення науково обґрунтованого підходу до оцінювання автотранспортного навантаження на урбоекосистему Тернополя та розроблення рекомендацій щодо оптимізації транспортних потоків для покращення атмоекоекологічного стану міста.

Об'єктом дослідження є урбосистема Тернополя в умовах автотранспортного навантаження.

Предметом дослідження є вплив автотранспортного навантаження, просторової організації міста та транспортних розв'язок на атмоекоекологічний стан урбанізованого середовища, а також роль зелених насаджень у регуляції якості атмосферного повітря, зменшенні забруднення, включаючи концентрацію CO.

Завдання:

1. Проаналізувати сучасний вплив автотранспортного навантаження на урбоекосистему.
2. Розробити методику оцінювання автотранспортного навантаження з використанням сучасних цифрових технологій.
3. Оцінити інтенсивність руху автотранспорту на контрольних ділянках вулично-дорожньої мережі Тернополя.
4. Визначити концентрації викидів чадного газу (CO) за досліджуваними ділянками та встановити чинники затримки забруднення в міському середовищі.
5. Дослідити роль зелених насаджень у процесах асиміляції викидів автотранспорту та їх вплив на покращення атмоекоекологічного стану.

6. Запропонувати заходи щодо оптимізації транспортної системи міста з урахуванням екологічної безпеки.

Методи дослідження. У дисертації застосовано широкий спектр наукових методів, що забезпечили комплексний підхід до оцінювання автотранспортного навантаження на урбоекосистему Тернополя.

1. Методи аналізу та синтезу, системного підходу і систематизації літературних джерел — дозволили сформувати наукову базу дослідження, проаналізувати сучасні підходи до вивчення транспортного навантаження та структурувати наявні знання;

2. Метод статистичного аналізу — застосовано для обробки кількісних показників забруднення, транспортної інтенсивності, динаміки зміни бюджетного фінансування тощо;

3. Метод бюджетного аналізу — проведено оцінку розподілу видатків громади;

4. Метод часових рядів — дозволив простежити динаміку змін викидів, погодно-кліматичних умов та міських показників упродовж досліджуваного періоду;

5. Математичний метод — для оцінки забруднення повітря використано модифіковану формулу Бегма-Шаповалова, що дало змогу розрахувати концентрацію СО у контрольних точках;

6. Геоінформаційний та просторовий аналіз — застосовано для створення картографічних моделей розподілу транспортного навантаження, оцінки функціональної структури міста та аналізу урбаністичних процесів;

7. Метод автоматизованого збору даних — використано сучасні цифрові інструменти для фіксації інтенсивності транспортних потоків та збору метеорологічної інформації, що забезпечило підвищення точності та оперативності проведеного дослідження. Для отримання метеорологічних даних використано сервіс WeatherAPI.com [176], з інтеграцією через API. Оброблення метеоданих здійснено за допомогою написаного автором скрипта на мові програмування

JavaScript. Дані щодо транспортного навантаження отримано із записів міських веб-камер відеоспостереження (частково 2019-й та 2021-й роки). Для їхньої обробки застосовано метод згорткових нейронних мереж [109] із використанням бібліотеки YOLO object detection algorithm, що дало змогу автоматизовано ідентифікувати та підраховувати транспортні засоби у відеопотоці.

8. Метод польових спостережень — використано для верифікації автоматизованих даних та фіксації реального транспортного навантаження на визначених ділянках.

У 2023 році, через неможливість використання міських веб-камер, внаслідок повномасштабного вторгнення РФ в Україну, дані щодо транспортного навантаження збиралися виключно методом польових спостережень;

9. Картографічний метод — дозволив візуалізувати зміни площі забудови та рівень озеленення територій міста;

5. Метод екстраполяції даних — застосовано для прогнозування майбутніх тенденцій на основі поточних і історичних даних.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає у наступному:

1. Вперше для дослідження транспортного навантаження урбосистеми Тернополя впроваджено метод автоматизованого збору даних із використанням спеціалізованого програмного забезпечення для фіксації транспортних потоків, що забезпечило оперативне отримання інформації про їх інтенсивність та структуру в реальному часі.

2. Удосконалено підходи до обробки великих масивів даних шляхом застосування нейронних мереж, що дозволило підвищити точність класифікації транспортних засобів і розрахунку динамічних показників транспортного навантаження.

3. Вперше для досліджень у м. Тернополі застосовано комплексний підхід до формування та заповнення масивів пропусків даних, що мінімізувало ризики їх спотворення та забезпечило високу достовірність результатів.

4. За допомогою API WeatherAPI та власного скрипта на мові програмування JavaScript здійснено автоматизований збір погодних даних, що дало змогу оперативно отримувати метеоінформацію для аналізу напрямків вітру та синоптичної ситуації в м. Тернополі. На основі цих даних проведено дослідження впливу циклональних і антициклоняльних умов на поширення та затримку атмосферних забруднень.

5. Вдосконалено інтегрований підхід до оцінювання автотранспортного навантаження на урбосистему Тернополя шляхом залучення даних про розподіл видатків міського бюджету. На цій основі досліджено соціальну, економічну та екологічну сфери міста, що дозволило виявити дисбаланси у фінансуванні, які впливають на урбоекологічний стан міста.

6. Вперше для умов середнього міста Західної України (на прикладі м. Тернопіль) здійснено комплексну кількісну оцінку впливу генераторів як додаткового джерела атмосферного забруднення в періоди підвищеного навантаження на міську інфраструктуру.

7. Вперше для Тернополя здійснено комплексну оцінку змін у транспортній структурі міста з урахуванням широкого спектра факторів — транспортного навантаження, оновлення автопарку, розвитку громадського транспорту, організації схем руху та метеорологічних умов. Проведено подальше вимірювання динаміки основних забруднювачів, що дозволило обґрунтовано встановити зв'язок між застосованими заходами та змінами якості атмосферного повітря.

Ці положення суттєво доповнюють сучасні наукові уявлення про транспортно-екологічне навантаження на міські системи та можуть бути використані як основа для екологічного менеджменту в інших містах України.

Практичне значення отриманих результатів полягає в їх широкому застосуванні для удосконалення екологічного управління міським середовищем, зокрема в аспектах транспортного планування, розвитку зеленої інфраструктури та моніторингу атмосферного повітря.

1. Розроблено комплексну методику оцінювання автотранспортного навантаження, яку можна адаптувати для інших міст України з урахуванням їх просторової структури та екологічних особливостей.

2. Запропоновано алгоритм інтеграції автоматизованого збору даних, зокрема застосування нейронних мереж та підключення до зовнішніх API-сервісів, що дозволяє створювати гнучкі системи моніторингу транспортних потоків та рівня забруднення в режимі реального часу.

3. Розроблено практичні рекомендації щодо вдосконалення зеленого господарства міста, що сприятиме покращенню атмoeкологічного стану, збільшенню площі насаджень та підвищенню ефективності їх асиміляційної функції. Розглянуто можливість впровадження ярусного розміщення зелених насаджень вздовж доріг та створення безперервної екомережі з функціональними буферними зонами.

4. Сформульовано практичні архітектурно-планувальні заходи щодо оптимізації транспортної системи, включаючи проєктування об'їзної дороги, популяризацію громадського транспорту, перегляд схем руху та зменшення транзитного трафіку. Окремо запропоновано комплекс заходів боротьби з шумовим забрудненням, таких як встановлення шумопоглинаючих екранів, використання зелених насаджень як акустичних бар'єрів та впровадження вертикального озеленення фасадів будівель уздовж магістралей.

Матеріали також можуть лягти в основу формування місцевих програм сталого розвитку та екологічної безпеки.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є результатом самостійного дослідження, в якому представлено авторські напрацювання щодо оцінки автотранспортного навантаження на урбосистему Тернополя та запропоновано практичні шляхи покращення атмoeкологічного стану міського середовища.

Здобувачем особисто зібрано, систематизовано та проаналізовано емпіричні дані, розроблено методичні підходи до автоматизованого збору інформації,

здійснено просторове моделювання транспортного впливу, а також використано сучасні цифрові інструменти, зокрема нейромережеві моделі та метеоаналітику на базі API.

Результати оцінки функціонування міського транспорту, аналіз екологічної ефективності зелених насаджень, а також пропозиції щодо удосконалення транспортного планування та озеленення сформульовані здобувачем самостійно. Висновки, наукові положення та практичні рекомендації є результатом особистої дослідницької діяльності та відображені в опублікованих працях і апробовані на наукових конференціях.

Апробація матеріалів дисертації. Основні наукові положення та практичні рекомендації, було представлено на міжнародних (3), всеукраїнських (2) та вузівських (4) науково-практичних конференціях: Всеукраїнській науково-практичній конференції присвяченій життю і діяльності М.П. Чайковського (м. Тернопіль, 2022); Міжнародній науково-практичній конференції “Подільські читання. Комунікаційні стратегії для реалізації геоекологічних ініціатив та проєктів: матеріали міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 30-річчю першого набору на спеціальність «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»” (м. Тернопіль, 2023); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Подільські читання. Дослідження, охорона довкілля та збереження біотичного та ландшафтного різноманіття, природнича освіта” (м. Кам’янець-Подільський, 2024); V міжнародній конференції “Current trends in scientific research development” (США, м. Бостон, 2024); IV міжнародній науково-практичній конференції "Міждисциплінарні інтеграційні процеси у системі географічної, туризмологічної та екологічної науки" (Україна, м. Тернопіль, 2025); звітних конференціях викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін ТНПУ ім. Володимира Гнатюка (м. Тернопіль, 2021, 2022, 2023, 2024 роки).

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць, з яких 3 статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України (категорія Б) та 9 тез у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій, що підтверджують апробацію матеріалів дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з списку опублікованих наукових праць, анотації, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох основних розділів з відповідними висновками, списку використаних джерел (180) найменувань, загальних висновків та шести додатків. Загальний обсяг становить 219 сторінок друкованого тексту, у тому числі основна частина (вступ, чотири розділи і висновки) - 158 сторінок. Робота містить 63 рисунки та 24 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Концептуальні засади дослідження

Сучасні урбанізовані території є просторами з підвищеним рівнем екологічного навантаження, що зумовлено високою концентрацією населення, інфраструктури, промислових об'єктів та транспортних потоків. Одним із найважливіших компонентів міського довкілля є атмосферне повітря, якість якого визначає комфортність проживання та стан здоров'я мешканців. У міському середовищі саме повітря найбільш динамічно реагує на зміни антропогенного навантаження. В умовах постійного зростання обсягів пересувних і стаціонарних джерел викидів, атмосфера міст зазнає суттєвих трансформацій. Особливу загрозу становлять транспортні потоки, які формують зони підвищених концентрацій забруднюючих речовин. При цьому структура забудови, характер розміщення зелених насаджень та елементів міської екомережі визначають інтенсивність розсіювання викидів і можливості для їхньої нейтралізації. У загальносвітовому масштабі негативні тенденції якості повітря посилюються, а Україна залишається серед країн з підвищеним рівнем забруднення атмосфери. Зокрема, вона входить до числа лідерів за обсягами викидів окремих забруднювачів, зберігаючи стабільно високі показники концентрацій діоксиду сірки, оксидів азоту та вуглекислого газу [40].

На стаціонарні джерела викидів у країні припадає 60% забруднювальних речовин в атмосферу, від транспорту надходить 40%. У місті Тернополі ситуація відрізняється від загальноукраїнської: тут пересувні джерела є основним джерелом забруднення, забезпечуючи понад 70% загального рівня викидів.

Не зважаючи на те, що організми адаптувалися до нового складу повітря, сьогодні техногенез спричиняє трансформації, не схожі на попередні. Серед них зміни клімату та екологічних умов середовища [113]. Вони супроводжуються складними хімічними реакціями, які впливають на склад атмосфери [64]. На

рисунку 1.1 зображено тенденцію постійного зростання концентрації CO_2 у Північній півкулі, що свідчить про прогресуюче антропогенне навантаження на атмосферу [61].

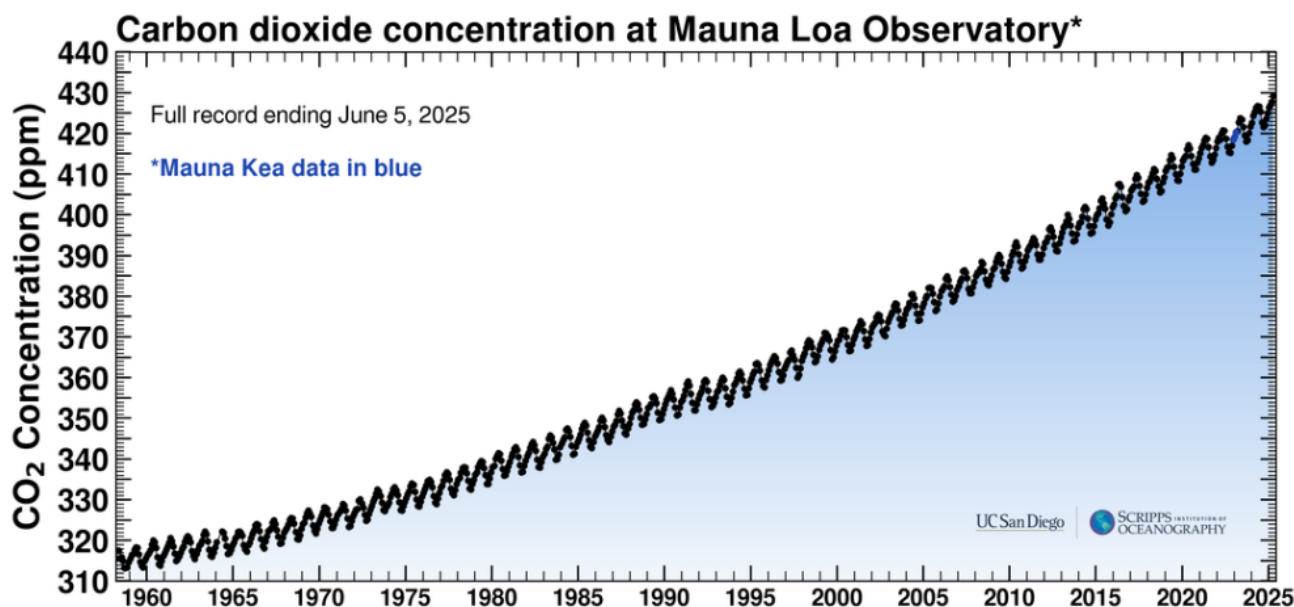


Рис 1.1 Збільшення концентрації вуглекислого газу у Пн. Півкулі [168]

Свою лепту також вносить процес урбанізації. У містах це проявляється у: збільшенні щільності населення, розширенні міської забудови, збільшенні кількості автомобілів.

В свою чергу таке зростання призводить до збільшення рівня забруднення навколишнього середовища [1]. Серед усіх видів техногенного забруднення середовища, особливу увагу приділяють впливу автотранспорту. Повсякденна експлуатація автомобілів супроводжується негативними процесами:

1. Забруднення атмосфери (викиди CO_2 , NO_2 , сажі та інших шкідливих речовин);
2. Забруднення гідросфери (скидання небезпечних відходів, стік з доріг);
3. Забруднення літосфери (накопичення відпрацьованих мастил, важких металів);
4. Шумове, електромагнітне та вібраційне забруднення;
5. Викид токсичних речовин, котрі впливають на здоров'я людей;

6. Теплове забруднення, пов'язане з нагріванням дорожнього покриття та вихлопними газами.

Негативний вплив автомобільного транспорту проявляється не лише під час його використання, а й на всіх етапах його функціонування [39, 175]:

1. Під час руху (викиди вихлопних газів, шум, пилоутворення).
2. При технічному обслуговуванні (утворення відпрацьованих рідин, шин, акумуляторів).
3. При експлуатації інфраструктури (будівництво та утримання доріг, паркінгів, АЗС).

З метою мінімізації негативного впливу урбанізації та транспорту, на міжнародному рівні було впроваджено концепцію сталого розвитку міст, яка поступово сформувалася як самостійна наукова та практична галузь. Сьогодні вона є невід'ємною частиною сталого економічного, соціального та екологічного розвитку планети.

Однією з ключових умов забезпечення екологічної стійкості міських систем є дотримання принципів екологічної безпеки — стану захищеності життєво важливих інтересів людини, суспільства та довкілля від реальних і потенційних загроз, що виникають унаслідок антропогенної та природної діяльності [94].

Підтвердженням важливості цього підходу є Підсумковий документ Конференції ООН зі сталого розвитку «Майбутнє, якого ми хочемо» (20-22 червня 2012 р., Ріо-де-Жанейро, Бразилія). У його розділі «Рамкова програма дій та наступні заходи» (пп. 134-137) виділено окремий підрозділ «Сталі міста і населені пункти», де наголошено на необхідності застосування цілісного підходу до урбанізації та розвитку міських територій [1, 58].

Впровадження концепції сталого розвитку міст в Україні стикається з низкою проблем, зокрема неефективним територіальним плануванням та відсутністю належної екологічної інфраструктури.

Одним із перших документів, що визначав основи цього підходу, стала «Концепція сталого розвитку населених пунктів», затверджена Постановою Верховної Ради України від 24 вересня 1999 року №1359-XIV [99]. У цьому документі сталий розвиток визначено як соціально, економічно та екологічно збалансований розвиток міських і сільських поселень, спрямований на створення їх економічного потенціалу та повноцінного життєвого середовища для сучасного і майбутніх поколінь на основі раціонального використання ресурсів.

Наступним важливим кроком до інтеграції принципів сталого розвитку в державну політику стало прийняття Указу Президента України від 30 вересня 2019 року №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» [126]. Цим документом Україна офіційно підтримала глобальні Цілі сталого розвитку, проголошені резолюцією Генеральної Асамблеї ООН від 25 вересня 2015 року №70/1, та визначила національні пріоритети з урахуванням специфіки розвитку країни. Зокрема, серед 17 цілей передбачено забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст та інших населених пунктів, що безпосередньо пов'язане з концепцією збалансованого розвитку урбанізованих територій [78].

Складність реалізації концепції полягає у суперечностях між різними напрямками розвитку середовища [106]. У міській системі конфліктними сторонами можуть виступати:

1. Суб'єкти господарської діяльності;
2. Органи управління;
3. Різні суспільні групи;
4. Окремі особи;
5. Технічні системи.

Також ускладнюють розвиток міста територіальні, демографічні, соціально-економічні та функціональні фактори.

Міста стикаються з обмеженими ресурсами, необхідними для забезпечення їх зростання та сталого функціонування. Збільшення чисельності населення й

інтенсивності транспортних потоків сприяє зростанню споживання енергії та палива, що ускладнює формування раціональної функціонально-просторової структури міського середовища.

Раціональний підхід до розвитку міста передбачає:

1. Створення пішохідних зон, що у поєднанні з правильним розташуванням місць праці дозволить мінімізувати робочі поїздки та розвантажити дороги в години пік;
2. Аналіз енергоефективності міської інфраструктури, визначення ресурсних резервів та встановлення лімітів на їх використання з урахуванням темпів зростання міста;
3. Впровадження системи показників, яка враховуватиме потреби у трудових, енергетичних, фінансових та природних ресурсах для подальшого планування розвитку міста.

Одним із ключових аспектів екологічної безпеки урбанізованих територій є вплив транспортної системи на стан атмосферного повітря. Забруднення, яке продукують пересувні джерела, особливо в центральних частинах міст, створює осередки підвищеної концентрації токсичних речовин [155]. Це призводить до формування локальних зон екологічного ризику, де може спостерігатися значний рівень перевищення ГДК за окремими речовинами (зокрема CO, NO₂). Така ситуація суттєво погіршує атмoeкологічний стан міського простору, знижує якість життя населення та підвищує ризики захворюваності на респіраторні та серцево-судинні хвороби. Забезпечення екологічної безпеки в місті потребує впровадження комплексу заходів, спрямованих на зменшення шкідливого впливу транспорту на довкілля. Отже, ресурсна проблема розвитку населених пунктів полягає не лише в пошуку нових джерел, але й у збереженні та раціональному використанні вже наявних. Граничний рівень споживання ресурсів, та перспективи розвитку міст повинні бути визначені ще на етапі районного планування, з урахуванням екологічних, соціальних та санітарно-гігієнічних факторів.

Для якісного відслідковування змін внаслідок впливу автотранспорту здійснюють моніторинг середовища [136]. Згідно з міжнародним стандартом ISO 4225, моніторинг – це багаторазове вимірювання змін певного параметра для спостереження впродовж певного періоду часу та регулярне вимірювання рівнів забруднюючих речовин відносно визначеного стандарту. Це дозволяє здійснити оцінку ефективності систем контролю та регулювання. Як науковий напрям, моніторинг довкілля був запроваджений у другій половині XX століття [8]. Його основним завданням є визначення меж екологічної стійкості та прогнозування змін у біосфері.

Отже, процес моніторингу не обмежується лише збором фактів, а також передбачає [9]:

1. Аналіз отриманих показників та вдосконалення методів спостереження;
2. Проведення експериментальних досліджень, що дозволяють оцінити ефективність екологічних заходів;
3. Розробку рекомендацій щодо зниження рівня забруднення та покращення якості міського середовища.

Основні завдання системи моніторингу представлені на рисунку 1.2.



Рис. 1.2 Схема функціонування системи моніторингу стану навколишнього середовища

На схемі ми спостерігаємо наступні етапи функціонування моніторингу довкілля:

1. Спостереження за станом навколишнього середовища та джерелами забруднення, що включає вимірювання рівня забруднення атмосфери, води та ґрунтів.
2. Аналіз отриманих даних та оцінка рівня забруднення, яка дозволяє встановити відповідність фактичних показників ГДК.
3. Прогнозування змін екологічного стану з урахуванням тенденцій розвитку та можливих ризиків.
4. Запровадження заходів для підтримання рівня забруднення в межах нормативів та мінімізації негативного впливу на довкілля.

Сьогодні в Україні використовується система моніторингу викидів, яка запроваджена ще у другій половині XX століття. Проведення комплексного аналізу є надзвичайно складним через відсутність актуальних статистичних даних про транспортне забруднення у місті.

Більшість наукових досліджень зосереджені на оцінці рівня забруднення від стаціонарних джерел, а також на загальному впливі стаціонарних і пересувних джерел разом. Однак цієї інформації часто недостатньо.

Згідно з дослідженнями [107, 85], основним джерелом забруднення повітря у Тернополі є автотранспорт. На нього припадає 72% усіх викидів, тоді як на промислові підприємства – 28% [101, 102]. Отримати актуальні дані щодо обсягів викидів від пересувних джерел після 2016 року неможливо.

Нестача реальних показників ускладнює аналіз і прогнозування екологічної ситуації, що своєю чергою впливає на точність екологічного моніторингу та прийняття природоохоронних рішень. Для розробки ефективних заходів необхідно мати чіткі цілі прогнозування та враховувати закономірності змін у стані довкілля.

Для забезпечення коректного моніторингу, необхідно:

1. Відновити регулярний облік транспортних викидів;

2. Інтегрувати сучасні методи оцінки якості повітря;
3. Використовувати автоматизовані системи моніторингу.

Після початку повномасштабного вторгнення РФ в Україну 24.02.2022 року доступ до статистичних даних став ще більш обмеженим, а офіційна інформація перестала публікуватися у відкритих джерелах.

Обласний центр, займає аж 27 - е місце серед 38 - и міст за рівнем забруднення повітря. Статистика для Тернопільської області, представлена електронним джерелом - «Очевидець Медіа» (рис. 1.3) [150]:



Рис. 1.3 Обсяг викидів шкідливих речовин у атмосферне повітря Тернопільської області [150]

До 2015 року в місті Тернопіль проводився облік і аналіз викидів від автотранспорту, що дозволило виявити певні тенденції (рис. 2.5, табл. 2.3).

Найбільш критична ситуація спостерігалася у 2005 році, після чого рівень викидів почав знижуватися, незважаючи на значне збільшення кількості автомобілів. Детальний аналіз динаміки змін рівня викидів за період 2000 – 2023 років у місті Тернопіль представлено у Розділі 3.1.

Додаткову інформацію про зміну динаміки викидів подано у праці «Геоecологічні аспекти автотранспортного забруднення і продукування парникових газів у м. Тернополі» [108]. У цій роботі проаналізовано загальний рівень викидів за період 2000 – 2015 років, наведено структуру викидів у 2012 та 2015 роках. Розглянуто Національну транспортну стратегію України до 2030 року

та надано пояснення змін рівня викидів. Шляхом екстраполяції запропоновано можливий сценарій розвитку ситуації до 2030 року.

На мою думку, робота [108] є стислим орієнтиром щодо загальної ситуації у місті.

В контексті концепції сталого розвитку, ми можемо вважати, що одним із основних питань сучасності є сталість міста. В Україні рівень урбанізації становить 69,2%. Головним завданням концепції є балансування економічного, соціального та екологічного розвитку.

У роботі [6] Банах А. В. розглядає місто як складну систему, де природні та антропогенні компоненти взаємодіють у процесі містобудівного освоєння. Він підкреслює необхідність комплексного підходу до планування, враховуючи екологічні, соціальні та економічні аспекти.

На рисунку 1.4 представлено діаграму, яка відображає складові поняття «Місто». Дана схема укладена Кузиком І.Р. у науковій праці [47], де автор аналізує місто як складну взаємодію природної, соціальної та технічної систем.

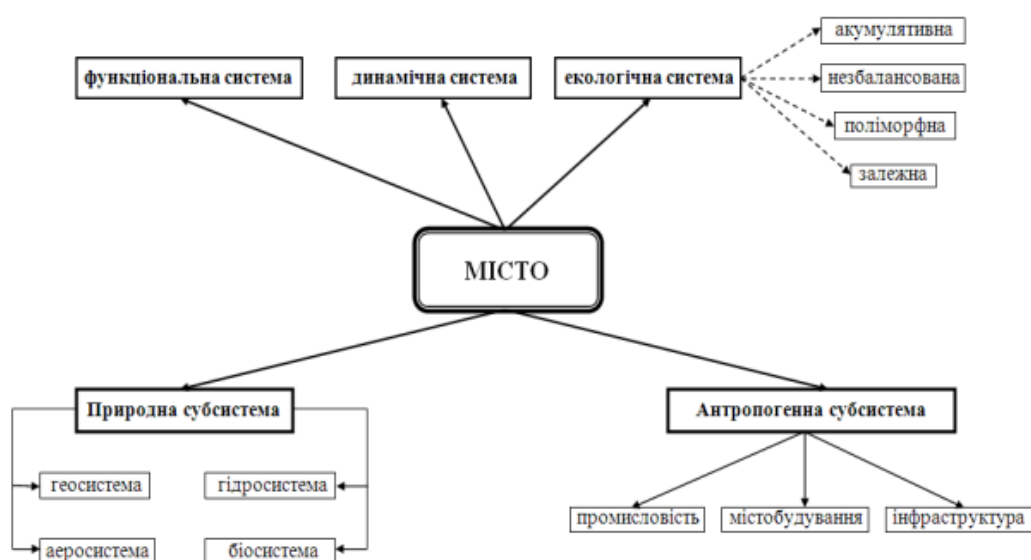


Рис. 1.4 Складові поняття «Місто» [47]

Надмірна урбанізація призводить до зростання кількості автомобільного транспорту, що в свою чергу спричиняє погіршення якості повітря, шумове забруднення та тепловий ефект [51].

Ціль 11 “Сталий розвиток міст” ООН, зокрема пункт 11.6 передбачає, до 2030 року зменшити негативний вплив міст у перерахунку на одну особу населення. Шляхом приділення особливої уваги якості повітря та оптимізації управління відходами.

Світовий моніторинг атмоєкологічного стану здійснюється на всіх континентах, проте основна увага зосереджена на мегаполісах, де рівень аеротехногенного навантаження є найвищим.

Окрему увагу приділено впливу генераторів, які набули масового поширення в Україні у 2022 році — в період найбільш інтенсивних ракетних атак по енергетичній інфраструктурі та тривалих відключеннях електропостачання. Саме тоді спостерігався пік їх використання та імпорту. У подальші період 2023 – 2024 років випадки використання генераторів зберігалися, однак мали менш масовий характер завдяки частковій стабілізації роботи енергетичної системи, оперативному ремонту пошкоджених об’єктів та розбудові резервних схем енергозабезпечення.

Згідно з даними державної митної статистики, впродовж 11 місяців 2022 року в Україну імпортували майже 354 000 генераторів, на суму 355 мільйонів доларів США. Понад 80% з них становили генератори з іскровим запалюванням (бензинові) потужністю до 7,5 кВт, із середнім споживанням пального до 1,7л на годину. За аналогічний період минулого року було імпортовано 58 000 одиниць (менше в 6 разів). Водночас їхня задекларована вартість зросла лише у 2,5 раза. Причиною є те, що у 2021 році ввозили потужніші агрегати [17].

Аналогічні тенденції зафіксувала мережа магазинів “Епіцентр”. У період з 10 жовтня до 10 листопада 2022 року українці придбали у 9,6 раза більше генераторів, ніж за той самий період попереднього року. 82% із них були бензиновими, 11% — дизельними, а решта складала комбіновані, на скрапленому газі та спеціалізовані агрегати.

До початку енергетичної кризи використання генераторів вимагало отримання відповідних дозволів і сплати екологічного податку, розмір якого залежав від потужності пристрою. Однак 12 грудня 2022 року Комітет із фінансів, податкової та митної політики рекомендував Верховній Раді тимчасово скасувати ліцензування зберігання пального для генераторів об'ємом до 2000 літрів, а також звільнити їх від сплати екологічного податком. Порухення попередніх норм у період дії воєнного стану не передбачало жодних правових наслідків. Єдиною вимогою залишалося подання декларації до обласних військових адміністрацій, що також можливо було здійснити через додаток «Дія».

Разом із тим, широке використання генераторів спричинило низку екологічних проблем. Їхні вихлопні гази містять чадний газ, діоксид азоту, вуглеводні та альдегіди, що негативно впливають на якість повітря, особливо в умовах щільної міської забудови. Окрім того, робота генераторів супроводжується значним шумовим забрудненням. Повністю усунути цей шум неможливо через конструктивні особливості двигуна внутрішнього згорання.

Відповідно до статті 24 Закону України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", абзацу третього підпункту 12 пункту 4 Положення про Міністерство охорони здоров'я України [96], максимальний рівень шуму в квартирах становить 45 дБ вночі та 55 дБ вдень.

Рівень шумового впливу, якому піддається людина під час роботи генератора, можна оцінити у порівнянні з іншими джерелами звуку:

1. 20–30 дБ — рівень, характерний для тихого парку, комфортний для людського вуха;
2. 40–45 дБ — рівень звичайної розмови, який може періодично погіршувати якість сну;
3. 50–60 дБ — типовий рівень шуму в офісі. За даними ВООЗ, шум понад 53 дБ сприяє розвитку хронічного стресу, що підвищує ризик серцево-судинних захворювань, діабету та інсульту;
4. 70–80 дБ — середній рівень шуму у міському середовищі;

5. 90 дБ — рівень шуму, який видає потяг;
6. 90–110 дБ — рівень шуму на важкому виробництві;
7. 120 дБ — рівень шуму при зльоті реактивного літака.

Дизельні та інверторні генератори можуть створювати шумове забруднення до 90 дБА, бензинові та газові – перевищують це число. Тривале перебування в умовах такого шумового забруднення особливо небезпечне для дітей, людей похилого віку та тварин, які мають вищу чутливість до гучних звуків.

За принципом дії двигуни внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням з кожного кілограму спожитого палива викидають в атмосферу майже півкілограму шкідливих високотоксичних речовин:

1. Оксид вуглецю (CO) — до 460 г;
2. Оксиди азоту (NO, NO₂) — до 18 г;
3. Вуглеводні (CH) — до 20 г;
4. Значні обсяги парникового газу CO₂.

Ці викиди є аналогічними тим, що утворюються під час роботи автомобілів [175, 178]. Дизельні генератори в свою чергу виділяють менше газів, проте їхні викиди містять у 10 разів більше твердих частинок (сажі) [91].

Оцінка витрат пального генераторами є важливим кроком для розуміння їхнього впливу на навколишнє середовище. Для розрахунку споживання пального бензиновими моделями застосовується стандартний показник – 0,35 л на 1 кВт потужності. Цю величину необхідно помножити на відповідну потужність пристрою (формула 1.1). Так, бензиновий генератор потужністю 3 кВт споживатиме за годину приблизно 1 л бензину [17].

$$V_{\text{тиж}} = C \times T / 1000 \quad (1.1),$$

де:

$V_{\text{тиж}}$ — витрата пального генератором за тиждень, т/тиждень;
 C – середнє споживання пального генератором, л/год (для бензинових генераторів 1,7 л/год);

T – загальний час роботи генератора за тиждень, год;
 1000 – коефіцієнт для переведення літрів у тонни.

Розрахунок забруднення генераторами наведено у Розділі 3.2.

Через наявність великої кількості малих підприємств у місті Тернопіль, генератори за час своєї роботи істотно погіршують якість атмосферного повітря та створюють значний рівень шумового забруднення.

Зазвичай автомобілі проходять перевірку на відповідність екологічним нормам, проте генератори через кризову ситуацію такої перевірки не проходять. Це означає, що їхні викиди залишаються поза екологічним контролем. Також відсутня обов'язкова сплата екологічного податку та отримання спеціальних дозволів на експлуатацію. А саме, сплата екологічного податку залишається на розсуд власника. Також немає потреби у отриманні низки дозволів, які підтверджують належний стан роботи генератора.

Ще одним важливим екологічним викликом стало суттєве збільшення кількості автомобілів в Україні. Найбільший сплеск імпорту старих транспортних засобів відбувся у 2017–2018 роках, коли через відтермінування штрафів та спрощене розмитнення активно завозили так звані «євробляхи». Наступний різкий приріст кількості автомобілів відбувся у 2022 році внаслідок скасування митних платежів та ПДВ на імпорт авто під час дії воєнного стану. Додатковим чинником стало масове переміщення населення до західних областей України. Таке зростання кількості транспортних засобів істотно вплинуло на стан урбоекосистем [22], що підтверджують результати статистичного аналізу викидів за 2000–2015 роки та власні спостереження за інтенсивністю руху та кількістю автотранспорту у 2019, 2021 та 2023 роках. Це актуалізує необхідність подальших досліджень та впровадження заходів для поліпшення якості атмосферного повітря у містах.

1.2 Наукові підходи до оцінювання впливу транспортних засобів на екосистеми міст

Вплив автотранспорту на урбоєкосистеми є комплексною проблемою, що охоплює питання забруднення повітря, ґрунтів, водних об'єктів, акустичного впливу та теплових аномалій у містах [4]. Для оцінки транспортного забруднення використовуються різні методи, серед яких: моніторинг концентрацій шкідливих речовин, математичне моделювання розсіювання викидів, аналіз транспортних потоків та екстраполяція тенденцій розвитку урбанізованих територій [137].

Згідно з чинними в Україні нормативами, основними забруднювальними речовинами, що містяться у відпрацьованих газах автотранспорту, є оксид вуглецю (близько 70 % за масою), вуглеводні канцерогенної та неканцерогенної природи (приблизно 19 %) та оксиди азоту (близько 9 %) [36]. Окрім них, до складу викидів пересувних джерел входять нетоксичні парникові гази — азот, вуглекислий газ, кисень і водяна пара, які спричиняють глобальне потепління [21]. Найінтенсивніше автомобільний транспорт забруднює повітря у режимах низької швидкості та під час частих зупинок [38]. Варто зазначити, що дизельні двигуни, хоча й вирізняються економічністю та зниженою емісією оксиду вуглецю, натомість викидають значно більше канцерогенної сажі й диму [37, 164].

Щорічно від автотранспорту в атмосферу надходить значна кількість канцерогенних речовин, зокрема: бензол (C_6H_6) – 7,5 тис. т., формальдегід (H_2CO) – 5,3 тис. т., бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$) – 0,3 т., свинець (Pb) – 1,2 тис. т.

Проблема забруднення атмосфери автотранспортом є предметом досліджень як українських, так і зарубіжних науковців. Питанням атмосферного забруднення у місті Тернопіль займалися Любомир Петрович Царик, П. Л. Царик, Л. В. Янковська, І. Р. Кузик: “Геоєкологічні параметри компонентів навколишнього середовища міста Тернополя” [143]. Оцінці рівня забруднення в різних районах міста присвячені роботи І. М. Барни, Л. В. Янковської [7]. І. Р. Рудакевичом опубліковано працю, щодо картографічного моделювання транспортних потоків у місті Тернопіль [105]. Крім вищезгаданих джерел, інформацію стосовно даної проблеми можна знайти у моїх роботах за минулі роки [107, 108, 109].

Значний внесок на загальнодержавному рівні зробили такі науковці, як В. П. Кучерявий [52 – 55], М. М. Назарук [79], К. Мезенцев [68], Н. Мезенцева [69], Н. В. Максименко [60 – 62], Р. В. Сіпаков [110, 111] та інші.

У сфері географії транспорту вагомими є праці К. Коценко [43], В. С. Грицевич, Х. Є. Подвірна, М. І. Сеньків [163]. У межах Львівської області рівень транспортного забруднення аналізували Н. Є. Паньків, Н. З. Тетерко [84], М. Петровська, В. Морквич [86], а в Луцьку – В.О. Фесюк [34, 132 – 135], І. А. Мороз [134], З. К. Карпюк [34, 133], Є. М. Кіптенко, Т. В. Козленко [36], І. М. Боярин, Л. А. Савчук [11], І. М. Нетробчук [10, 81], М. О. Гандзюк [20].

Варто також враховувати досвід польських науковців у цьому напрямку, зокрема праці Katarzyna Janczarska-Bergel [166], A. Kołoś, Ł. Fiedeń, J. Taczanowski, A. Parol, K. Gwosdz, R. Guzik, J. Łodziński [167].

Окремий напрям досліджень присвячений аналізу процесів згоряння палива та утворення шкідливих викидів у двигунах внутрішнього згоряння. Над цим питанням працювали О. Є. Кофанов [41, 42], Ю. Р. Холковський [42], Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун [23], А. О. Копач [24], а також зарубіжні науковці, зокрема Z. Yue, H. Liu [178], A. Smolarz [174], G. Fontaras, N-G. Zacharof, B. Ciuffo [158], A. Folkesson, C. Andeson, P. Alvfors [157].

Екологічну безпеку міського транспорту розглядали у своїх працях Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, В. О. Соляник, І. В. Васькіна [89], Н. В. Внукова [18], Г. О. Статюха, Т. В. Бойко, В. І. Бендюг [116].

Варто звернути увагу на дослідження, які аналізують взаємозв'язок між особливостями міської забудови, кількістю зелених насаджень і станом атмосферного повітря: Rezaei N, Millard-Ball A. [173], Wu, B., & Liu, C. [177].

У дослідженнях [124, 8] аналізується, як мікроклімат міста впливає на накопичення шкідливих речовин у повітрі. Ці роботи враховують модель турбулентно-дифузійного переносу речовин з розрахунком концентрації домішок, в умовах міської забудови. За допомогою дискретно-інтерполяційного методу

визначають рівень забруднення вздовж доріг та враховують особливості транспортних шляхів.

У роботах В. С. Бахарєва [8, 9], В. М. Шмандія та Е. В. Шмандія [153], обґрунтовано методологію, щодо встановлення осередків найбільшого забруднення. На основі результатів робіт, створено комплексну систему моніторингу атмосферного повітря. Ця модель дає змогу оптимізувати ведення моніторингу на станціях спостережень у містах.

В. Й. Мельник та В. М. Стернік у своїй праці “Обґрунтування комплексних моніторингових досліджень урбоєдафотопів міста Рівне” [71], визначили показники, що доцільно використати, під час екологічного моніторингу. Також у праці обґрунтовано критерії для комплексної оцінки території на прикладі міста Рівне. Крім цього авторами визначено вплив транспорту на погіршення стану автомобільних доріг.

Методи, які автори використовують у своїх працях умовно можна поділити на дві основні категорії: методи оцінки впливу забруднювальних речовин на атмосферне повітря [89, 64, 65, 91, 162] та методи визначення обсягів утворення відходів.

Попри значний внесок науковців, дослідження впливу автотранспорту на урбоєкосистеми та оцінка сучасного екологічного стану міських територій для розроблення заходів щодо їхнього покращення залишаються актуальними.

У лютому 2010 року Україна приєдналася до Женевської угоди про технічні вимоги, щодо транспорту. Це зумовило поступове впровадження екологічних стандартів Євро (див. додаток А).

Офіційні дані про викиди забруднюючих речовин від транспорту у місті Тернопіль можна знайти на сайті Державної служби статистики України та Головного управління статистики у Тернопільській області [3, 14, 15]. Однак інформація доступна лише за період 2012 – 2015 років. Детальна структура викидів за 2012 та 2015 роки представлена у джерелах [14, 15].

Нестача актуальних даних ускладнює точність досліджень. Для проведення дослідження прийнято рішення, щодо самостійного збору даних.

Оцінка автотранспортного навантаження

Метод польових спостережень [109]

Через відсутність доступу до веб-камер міста у 2023 році було використано польовий метод збору даних. Частково спостереження цим методом також проводилися у 2019 році.

Методика оцінки транспортного навантаження включає 5 основних етапів:

1. Етап 1. Збір первинних даних:

- На відстані 4 м від дороги розташовується точка спостереження.
- Впродовж кожного дня спостережень, здійснюються 20-и хвилинні заміри о 9:00, 16:00 та 21:00.
- Підрахунок проводиться методом позначень.
- Дані вносяться у таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

Кількість одиниць автотранспорту за певний проміжок часу

Час:	Тип автотранспорту:	Число одиниць:
	Легковий автомобіль	
	Автобуси	
	Важкі вантажні автомобілі	
	Середні вантажні автомобілі	
	Легкі вантажні автомобілі	

На кожен облік заповнюється окрема таблиця.

2. Етап 2. Розрахунок середнього трафіку за 20 хвилин:

- Після того, як ми отримали дані замірів впродовж доби (09:00, 16:00 та 21:00), виводиться середній показник руху автотранспорту за 20 хвилин.
- Дані вносяться у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

**Обчислення середнього показника кількості одиниць автотранспорту
за 20 хвилин**

Час:	Тип автотранспорту:	Розрахунки:	Число одиниць/20 хв.:
	Легкові автомобілі		
	Важкі вантажні автомобілі		
	Середні вантажні автомобілі		
	Легкі вантажні автомобілі		
	Автобуси		

3. Етап 3. Розрахунок середнього трафіку за годину:

- На основі даних із попереднього етапу визначається середня кількість автомобілів за годину.
- Кількість одиниць автотранспорту та обчислення показника за годину вносяться до аналогічної таблиці.

4. Етап 4. Оцінка добового навантаження:

- Використовуючи отримані показники, розраховується середня добова інтенсивність руху для конкретної ділянки.

5. Етап 5. Порівняння показника з ГОСТ-17.2.2.03-77:

- Підсумком вважається рівень завантаженості відповідно до ГОСТ-17.2.2.03-77:
 низька інтенсивність руху – 2,7-8 тис. автомобілів за добу;
 середня інтенсивність руху – 8-17 тис. автомобілів за добу;

висока інтенсивність руху – 17-27 тис. автомобілів за добу.

Метод автоматизованого збору даних [75]

Ще один варіант отримання даних був запропонований у моїй попередній роботі [75]. Цей метод є автоматизованим та ґрунтується на отриманні інформації, працюючи з веб-камерами міста.

Цей метод створений за допомогою мови програмування Python третьої версії та бібліотеки з відкритим кодом.

Робота програми поділяється на 3 етапи:

1. Етап 1. Збір даних:

- Запис відео з веб-камер (розташованих поблизу дороги) у фоновому режимі. Для пришвидшення аналізу показників можна використовувати архів із попередньо записаними відеоматеріалами.
- Кожного дня спостережень, здійснюється запис о 09:00, 16:00 та 21:00.
- Дані вносяться у таблицю 1.2.

2. Етап 2. Детектування об'єктів:

- При перетині транспортом певних ліній фіксації, визначаються його межі та створюється зображення.
- Далі здійснюється процес віднімання фону, що в майбутньому дозволяє віднести об'єкт до відповідної категорії (рис 1.5).

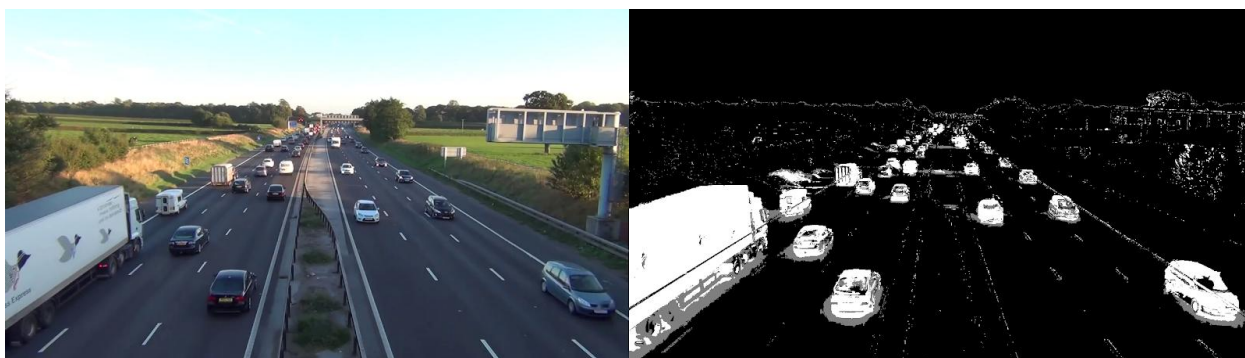


Рис.1.5 Приклад роботи методу віднімання фону

3. Етап 3. Класифікація транспортних засобів:

- На основі попереднього етапу відбувається розподіл транспортних засобів на 5 основних категорій та 1-у додаткову:

Легкові автомобілі.

Автомобілі важкої вантажності.

Автомобілі середньої вантажності.

Автомобілі легкої вантажності.

Автобуси.

На випадок, якщо характеристики об'єкта не влаштовують жодну із зазначених секцій, створено додаткову категорію №6 - "Інше".

Для реалізації цього етапу обрана модель згорткової нейромережі, що дозволяє аналізувати зображення та класифікувати об'єкти за певними характеристиками.

Архітектура нейромережі була розроблена Яном Лекуном у 1988 році та широко застосовується для розпізнавання образів у комп'ютерному зорі (рис. 1.5).

Як працює нейромережа:

1. Аналізує зображення, отримане після детектування транспортного засобу.
2. Порівнює його з базою попередньо навчених зразків.
3. Визначає ймовірність належності об'єкта до певної категорії.
4. Відносить його до найбільш ймовірної групи або, за відсутності відповідності, до категорії "Інше".

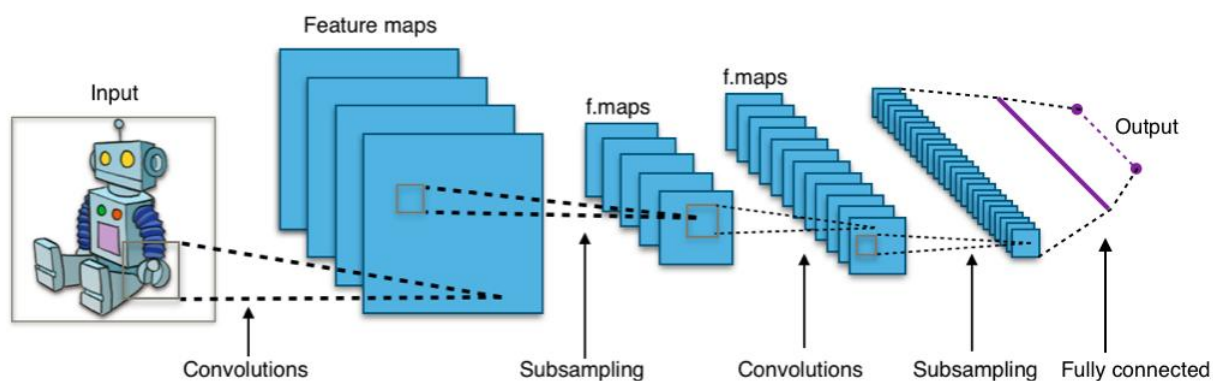


Рис. 1.6 Приклад роботи нейронної мережі

Однією з проблем під час аналізу атмоекоекологічного стану міста є пропуски у даних, що можуть виникати з різних причин. Таких як: перебої у зв'язку, технічні збої, обмежений доступ до джерел інформації.

Питання обробки та аналізу пропущених даних досліджували як українські, так і зарубіжні науковці. Серед українських дослідників можна відзначити О. С. Міщук [75] та Р. О. Ткаченко [76]. За кордоном цю тему розглядали такі вчені, як А. Karahalios [165], J. W. Graham [161], D. Newman [171], R. J. Little, G. Zhang [179, 180] та інші. Вибір методу залежить від способу збору інформації.

Існує три основні механізми формування пропусків: MCAR (Missing Completely At Random), MAR (Missing At Random) і MNAR (Missing Not At Random).

Формування пропусків [63, 75, 165, 171, 179]

У дослідженні пропуски сформовані за методом *Missing At Random (MAR)*, що дозволяє відновлювати дані на основі відомих закономірностей і доступних значень з інших часових періодів.

На відміну від MCAR (Missing Completely At Random), MAR використовує доступні дані з інших часових інтервалів, що покращує точність аналізу.

На відміну від MNAR (Missing Not At Random), цей підхід мінімізує похибки, оскільки пропуски не залежать від невідомих факторів, а підлягають відновленню на основі відомих закономірностей.

Заповнення пропусків [63, 76]

Щодо заповнення пропусків у даних моніторингу атмоекоекологічного стану, їх можна класифікувати наступним чином (табл. 1.3):

Таблиця 1.3

Методи заповнення пропущених параметрів забруднення [75]

Прості методи	Складні методи
Заповнення середнім арифметичним	ЕМ-оцінювання
Алгоритм найближчого сусіда	Метод Барлета
Методи регресійного моделювання	Алгоритм Zet
	Zetbraid алгоритм
	Алгоритм Resampling

Не існує універсального методу заповнення пропусків. Теорія відновлення пропущених даних завжди розвивається. Науковцями створюються та вдосконалюються нові методи.

Тому обрано *комбінований алгоритм, що поєднує Метод Барлета, Алгоритм ZET та Resampling (перехресна перевірка).*

Він включає в себе 3 основні етапи:

1. *Етап 1. Попереднє заповнення (Метод Барлета):*

- Визначення середніх значень для днів із низьким, середнім та високим навантаженням.
- Заповнення пропусків середнім значенням відповідної групи.
- Перевірка якості заповнених значень, для уникнення сильних відхилень.

2. *Етап 2. Точкове уточнення (Алгоритм ZET):*

- Пошук днів із подібним навантаженням.
- Використання прогнозованих значень для заповнення пропусків.
- Перевірка відповідності отриманих значень загальним закономірностям.

3. *Етап 3. Фінальна перевірка (Resampling - Перехресна перевірка або Bootstrap):*

- Виконати перехресну перевірку (Cross Validation):
розбивка даних на кілька підвибірок для перевірки стабільності заповнених значень.

Коригування у разі сильних відхилень (повертаємося до Етапу 2).

- Виконання бутстрап-оцінки, для оцінки варіативності отриманих значень.

Перевагами такого методу є:

1. Гнучкість - можливість адаптації методу під різні типи даних.
2. Поєднання швидкості та точності - спочатку швидке заповнення (Метод Барлета), потім уточнення (Алгоритм ZET).
3. Мінімізація похибок - перехресна перевірка гарантує достовірність
4. Ефективність навіть при великих пропусках даних - особливо корисно при довгих часових рядах.

Оцінка забруднення повітря CO

Для визначення рівня забруднення повітря відпрацьованими газами автотранспорту була застосована формула розрахунку концентрації CO, запропонована Бегмом у 1984 році та модифікована Шаповаловим у 1990 році [107, 67].

Методологія розрахунку [67]:

1. *Етап 1. Визначення типу вулиці:*
 - Проводиться оцінка вулиці. Визначаються:
тип вулиці;
поздовжній нахил вулиці;
швидкість вітру;
відносна вологість повітря;
тип перехрестя.
2. *Етап 2. Визначення коефіцієнтів:*

- На основі даних отриманих у Етапі 1, визначаються відповідні коригувальні коефіцієнти:

Ка - тип місцевості за степенем аерації (табл. 1.4);

Таблиця 1.4

Визначення коефіцієнта Ка

Тип місцевості за степенем аерації	Коефіцієнт Ка
Транспортні тунелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	1
Жилі вулиці з одноповерховими будівлями, вулиці та дороги у виїмці	0,6
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

Кн - поздовжній нахил вулиці (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Визначення коефіцієнта Кн

Поздовжній нахил, °	Коефіцієнт Кн
0	1
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Кс - швидкість вітру, м/с (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Визначення коефіцієнта Кс

Швидкість вітру, м/с	Коефіцієнт Кс
1	2,7
2	2
3	1,5
4	1,2
5	1,05
6	1,55

Кв - відносна вологість повітря (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Визначення коефіцієнта Кв

Відносна вологість повітря	Коефіцієнт Кв
100	1,45
90	1,3
80	1,15
70	1
60	0,85
59	0,75

Кп - тип перехрестя (табл. 1.8).

Таблиця 1.8

Визначення коефіцієнта Кп

Тип перехрестя	Коефіцієнт Кп
Регульоване перехрестя:	
– зі світлофорами звичайне	1,8
– зі світлофорами кероване	2,1
– само регульоване	2
Нерегульоване перехрестя:	
– зі зниженням швидкості	1,9
– кільцеве	2,2
– з обов'язковою зупинкою	3

3. Етап 3. Визначення коефіцієнта токсичності автотранспорту (Кт):

- Основою слугують дані отримані у процесі моніторингу;
- Розраховується частка кожного типу транспорту у загальному потоці (у долях одиниці) за формулою:

$$P_i = N_i / N \quad (1.2),$$

де:

N_i – кількість автомобілів певного типу за годину;

N – загальна кількість автомобілів за годину.

- Розраховується середній коефіцієнт токсичності автотранспорту за формулою:

$$K_T = \sum P_i \times K_{Ti} \quad (1.3),$$

де:

K_{Ti} - коефіцієнт токсичності для конкретного типу транспорту (визначається за таблицею 1.9).

Таблиця 1.9

Визначення коефіцієнту K_{Ti}

Тип автомобіля	Коефіцієнт K_{Ti}
Легкові автомобілі	1
Важкі вантажні автомобілі	0,2
Середні вантажні автомобілі	2,9
Легкі вантажні автомобілі	2,3
Автобуси	3,7

4. Етап 4. Підрахунок концентрації CO_2 [37].

- Отриманими у попередніх етапах даними заповнюється таблиця 1.10.

Таблиця 1.10

Визначення показників вулиці

Ділянка, №:	Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру	Відносна вологість повітря	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів/г од., од.
----------------	------------	---------------------	--------------------	----------------------------------	----------------	--

	Дорога з багатоповерховою забудовою з двох сторін	0	1	100	Регульоване зі світлофорами, звичайне	
	Транспортний тунель	2	2	90	Регульоване зі світлофорами, кероване	
	Міська вулиця з односторонньою забудовою	4	3	80	Саморегульоване	
	Вулиця з одноповерховими будівлями	6	4	70	Нерегульоване зі зниженням швидкості	
	Транспортна галерея	8	5	60	Нерегульоване кільцеве	
	Дорога з багатоповерховою забудовою з двох сторін	0	6	50	Нерегульоване з обов'язковою зупинкою	
	Транспортний тунель	2	1	80	Регульоване зі світлофорами, звичайне	
	Міська вулиця з односторонньою забудовою	4	2	70	Регульоване зі світлофорами кероване	
	Вулиця з одноповерховими будівлями	6	3	60	Саморегульоване	
	Транспортна галерея	8	4	50	Нерегульоване зі зниженням швидкості	

- Відповідні для конкретної ділянки параметри та коефіцієнти підставляються у формулу Бегма – Шаповалова:

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 * N * K_T) * K_a * K_H * K_c * K_B * K_P \quad (1.4),$$

де:

0,5 – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження, мг/м³.

N – загальна інтенсивність руху (авто/год).

Кт - коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в атмосферне повітря оксидів вуглецю.

Ка - коефіцієнт аерації місцевості.

Кн - коефіцієнт, що враховує зміни забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю в залежності від величини поздовжнього нахилу вулиці.

Кс - коефіцієнт, що враховує зміни концентрації окису вуглецю в залежності від швидкості вітру.

Кв - коефіцієнт, що враховує зміни концентрації окису вуглецю в залежності від відносної вологості повітря.

Кп - коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю біля перехресть.

5. *Етап 5. Заключний етап:*

- Після розрахунку концентрації СО отримане значення порівнюється з ГДК (гранично допустимими концентраціями) для атмосферного повітря. ГДК викидів автотранспорту за оксидом вуглецю дорівнює 5мг/м³.
- Якщо отримані значення перевищують нормативи, можна говорити про критичний рівень забруднення на досліджуваній ділянці.

Підсумок:

Дана методика дозволяє комплексно оцінити рівень забруднення атмосфери міського середовища шляхом урахування різних факторів, таких як:

- Інтенсивність руху.
- Тип місцевості.
- Погодні умови.
- Особливості перехресть.

Отримані дані можуть використовуватися для: розробки заходів із зменшення транспортного забруднення; моніторингу змін екологічної ситуації у міських районах; моделювання сценаріїв покращення якості повітря.

Методика збору та обробки погодних даних

Для визначення впливу погодних умов на екосистему міста Тернополя було використано дані метеорологічних спостережень за 2019, 2021 та 2023 роки. Аналіз погодних характеристик є важливим етапом дослідження, оскільки зміни кліматичних показників можуть безпосередньо впливати на рівень забруднення атмосферного повітря [112].

1. Етап 1. Джерела отримання метеорологічних даних:

- Дані зібрано у погодинному форматі за допомогою API сервісу WeatherAPI [176].
- Дані з електронного щоденника погоди використовувалися як додаткове джерело перевірки інформації.
- При відсутності можливості отримати дані таким методом, можна скористатися: метеорологічними станціями Тернопільського гідромедцентру; самостійно зібраними даними, за допомогою спеціальних приладів.

2. Етап 2. Параметри аналізу та методика розрахунку:

- Для обробки отриманих показників було використано алгоритм, реалізований за допомогою мови програмування JavaScript.
- Програма автоматично збирала наступні погодні дані (архів) та виконувала обчислення середніх значень для кожного місяця:
Температура повітря (середнє значення, мінімальна та максимальна температура за добу);

Хмарність (% середнього значення за добу);

Опади (відсоток випадання опадів на день, частка днів зі сніговими опадами);

Атмосферний тиск (усереднений показник, мм.рт.ст.):

Для аналізу показника атмосферного тиску використовуються два основні поняття: абсолютний атмосферний тиск та приведений до рівня моря тиск.

Абсолютний атмосферний тиск – це тиск, який безпосередньо вимірюється барометром на певній висоті над рівнем моря. Його значення змінюється залежно від географічного положення місця вимірювання, а також від погодних умов. Чим вища місцевість, тим нижчим буде абсолютний тиск через зменшення товщини повітряного стовпа [5].

Для міста Тернопіль, яке розташоване на середній висоті 320 м над рівнем моря, реальний (абсолютний) атмосферний тиск зазвичай знаходиться в межах 728 – 735 мм.рт.ст.

Приведений до рівня моря тиск – це умовне значення тиску, яке обчислюється з урахуванням висоти місцевості. Щоб привести всі дані до єдиного рівня для зручності метеорологічного аналізу. Це дозволяє правильно оцінювати атмосферні процеси та порівнювати дані з різних регіонів, незалежно від їхньої висоти [5].

У метеорології та прогнозуванні погоди саме приведений до рівня моря тиск використовується для аналізу синоптичних карт, визначення зон високого та низького тиску, а також ідентифікації циклонів та антициклонів. У прогнозах погоди, API-сервісах та мобільних додатках зазвичай відображається приведений до рівня моря тиск, який для Тернополя знаходиться в межах 755–765 мм.рт.ст. відповідно.

Таким чином, для класифікації погодних умов та аналізу синоптичних процесів у цьому дослідженні використовується приведений атмосферний тиск, що відповідає загальноприйнятим метеорологічним стандартам.

- Швидкість вітру (усереднене значення, м/с).

Для кожного дня аналізованого періоду збиралися погодинні метеорологічні дані. Отримані значення підсумовувалися та усереднювалися для кожного місяця.

3. *Етап 3. Оцінка погодних умов за циклонально-антициклональною характеристикою:*

За підсумковими середньомісячними показниками визначалося, переважали у конкретному місяці циклональні чи антициклональні погодні умови (табл. 1.11).

- Циклональні періоди супроводжуються підвищеною хмарністю, великою кількістю опадів та посиленою вітровою активністю. Це сприяє активному перемішуванню повітря, що, в свою чергу, зменшує концентрацію шкідливих домішок від автомобільного транспорту.
- В антициклональні місяці спостерігається високий атмосферний тиск, слабкий вітер, низька хмарність та мінімальні опади. Такі умови сприяють накопиченню забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери. У спекотні періоди літа може відбуватися фотохімічна активність, що призводить до утворення озону та інших вторинних забруднювачів.

Для отримання коректного результату деякі критерії змінено відповідно до умов даного регіону.

Приклад коригування критеріїв:

В Україні часто спостерігаються так звані теплі антициклони з літніми зливами. Тобто загалом панує антициклональна структура — тепло, малохмарно, тиск вищий за норму, слабкий вітер, але при цьому окремі грозові осередки дають короткочасні, але інтенсивні опади. Через це середній показник опадів може виглядати "циклональним". Відповідно отримуємо кориговані критерії.

Для літнього антициклону можна допустити опади до 2–3 мм/день, оскільки це не є постійні фронтальні дощі, а локальні грозові явища.

Циклон літом супроводжується вже більш стійкими опадами (від 3 мм/день і вище) разом із зниженням температури, посиленням вітру та збільшенням хмарності.

Таким чином, якщо опади влітку 1.5–3 мм., але при цьому високий тиск, тепла середня температура, невисокий показник хмарності — місяць залишатиметься антициклональним.

Таблиця 1.11

Циклональні та антициклональні характеристики посезонно

Пора року	Тип	Температура	Хмарність	Тиск	Вітер	Опади	Додатково
Зима	Антициклон	до -2°C	50% і менше	760 мм.рт.ст. і вище	4 м/с і менше	до 1 мм	Ясно, тумани, великі амплітуди
Зима	Циклон	-2°C і вище	більше 50%	нижче 760 мм.рт.ст.	більше 4 м/с	1 мм і більше	Часті опади, похмуро
Весна	Антициклон	до +6°C	50% і менше	760 мм.рт.ст. і вище	4 м/с і менше	до 1,5 мм	Сухо, часто ясна погода
Весна	Циклон	+6°C і вище	більше 50%	нижче 760 мм.рт.ст.	більше 4 м/с (пориви до 15 м/с)	1,5 мм і більше	Дощі, можливий мокрый сніг
Літо	Антициклон	+18°C і вище	50% і менше	759 мм.рт.ст. і вище	3,5 м/с і менше	до 2 мм. При високому тиску, спекотній температурі та малій хмарності до 3 мм.	Спека, посухи
Літо	Циклон	до +18°C	більше 50%	нижче 759 мм.рт.ст.	більше 3,5 м/с	2 мм і більше. При низькому тиску,	Грози, зливи, шквали

						прохолодній температурі та високій хмарності від 3 мм.	
Осінь	Антициклон	до +10°C	50% і менше	760 мм.рт.ст. і вище	4 м/с і менше	до 1 мм	Тумани, без опадів
Осінь	Циклон	+10°C і вище	більше 50%	нижче 760 мм.рт.ст.	більше 4 м/с	1 мм і більше	Дощі, похмуро

При класифікації місяців на циклональні та антициклональні, доцільно виділити ще одну категорію — «змішаний місяць». Такий місяць поєднує ознаки циклону, так і антициклону.

Змішані місяці характеризуються нестійкими погодними умовами, коли періоди антициклону змінюються короткочасними впливами циклону. Це може сприяти частковому розсіюванню забруднень, але при відсутності сильних вітрів та опадів накопичення шкідливих речовин все ж може відбуватися.

Рекомендація до класифікації місяців:

- Поділ місяців за типом погодних умов здійснюється на основі чотирьох ключових показників: температура, хмарність, тиск, швидкість вітру.
- Місяць відноситься до певної категорії за такими принципами:

Якщо 3 з 4 основних показників відповідають одній категорії (циклон чи антициклон) — місяць класифікується відповідно.

Якщо 2 показники належать до однієї категорії, а 2 інших суперечать їй — місяць вважається змішаним.

4. Етап 4. Висновки та інтеграція даних у подальше дослідження:

Отримані метеорологічні характеристики було використано для:

- Аналізу взаємозв'язку між погодними умовами та рівнем забруднення повітря.

- Формування рекомендацій щодо покращення транспортної та екологічної політики міста.

1.3 Алгоритм дослідження урбоекосистеми Тернополя

Алгоритм дослідження включає чотири основні етапи: теоретико-методологічний, аналітичний, діагностичний та оптимізаційний. Вони інтегрують в дослідження принципи екологічної безпеки для мінімізації негативного впливу транспортної системи на атмоекоекологічний стан міста.

Для кращої наочності пропонується схема, що ілюструє послідовність і взаємозв'язок етапів дослідження (табл. 1.12).

Таблиця 1.12

Завдання:	Методи:
Етап 1. Теоретико-методологічний	
• Формування мети, завдань, об'єкта та предмета дослідження. • Аналіз попередніх наукових робіт, які висвітлюють проблему транспортного навантаження та його екологічних наслідків. • Вибір методів збору та аналізу даних. • Визначення підходів до оцінювання забруднення атмосферного повітря.	• Метод аналізу та синтезу даних. • Метод системного підходу. • Систематизація літературних джерел.
Етап 2. Аналітичний	
• Аналіз урбоекосистеми Тернополя, її екологічного стану та динаміки змін. • Оцінка змін у фінансуванні міських екологічних програм та інфраструктурних проєктів. • Аналіз кліматичних змін на основі даних за 2018–2023 роки.	• Метод статистичного аналізу. • Метод бюджетного аналізу. • Метод часових рядів.
Етап 3. Діагностичний	

• Аналіз громадського транспорту міста: зміни у складі автопарку, пасажиропотоки, динаміка тарифів на перевезення пасажирів. • Оцінка обсягів та структури викидів автотранспорту у 2000 – 2015 роках. • Оцінка транспортного навантаження та розподілу потоків автотранспорту. • Розрахунок концентрації СО для контрольних ділянок та порівняння отриманих показників. • Аналіз ущільнення забудови та змін у площах зелених насаджень міста.	• Математичний метод (розрахунок концентрації СО за модифікованою формулою Бегма-Шаповалова). • Метод просторового аналізу (оцінка транспортного навантаження на міські магістралі). • Метод польових спостережень (вимірювання транспортного навантаження). • Метод автоматизованого збору даних (використання програмного забезпечення для аналізу транспортних потоків). • Картографічний метод (аналіз змін площі міста та відсотка озеленення).
Етап 4. Оптимізаційний	
• Визначення стратегій оптимізації транспортних потоків у місті. • Розробка заходів для зменшення рівня транспортних викидів. • Оптимізація системи моніторингу якості повітря в місті. • Пропозиції щодо розширення міських зелених зон.	• Метод геоінформаційного аналізу. • Метод екстраполяції даних.

1. Етап 1. Теоретико-методологічний.

Цей етап спрямований на визначення наукової основи дослідження, формування мети, завдань, об'єкта та предмета. Він є основою практичного аналізу, визначаючи, яким чином будуть оцінюватися екологічні параметри міста Тернополя.

2. Етап 2. Аналітичний етап.

Цей етап включає збір та аналіз фактичних даних про стан урбосистеми Тернополя, фінансові витрати міста, а також зміни кліматичних умов, які можуть впливати на рівень забруднення повітря. Він дозволяє встановити базові

закономірності розвитку міста та його екологічного стану в умовах транспортного навантаження.

2. *Етап 3. Діагностичний етап.*

Цей етап є ключовим для визначення впливу транспорту на урбосистему міста з встановленні рівнів забруднення, відповідністю їх екологічним стандартам. Оцінка потенційних екологічних ризиків.

3. *Етап 4. Оптимізаційний етап.*

На цьому етапі здійснюється розроблення заходів щодо оптимізації транспортних потоків, озеленення міських територій та застосування сучасних моніторингових технологій, з урахуванням екологічних норм і принципів сталого розвитку, спрямованих на зменшення викидів та покращення атмoeкологічного стану.

Висновки до першого розділу

У першому розділі дисертаційної роботи здійснено всебічний аналіз теоретичних і методологічних засад дослідження впливу автотранспорту на урбосистему Тернополя. Визначено основні етапи дослідження, які включають теоретико-методологічний, аналітичний, діагностичний та оптимізаційний. Кожен з етапів був спрямований на досягнення конкретних завдань, що дозволили побудувати комплексний підхід до оцінки та регулювання впливу транспортного навантаження на екологічну ситуацію у місті.

У сучасних умовах антропогенне навантаження на довкілля, зокрема через транспортну діяльність, значно зросло. Викиди CO та NO₂, пов'язані з використанням автотранспорту, продовжують негативно впливати на якість атмосферного повітря, кліматичні процеси та загальний стан урбоекосистем [45, 169]. Дослідження показують, що рівень транспортного забруднення має

тенденцію до змін у зв'язку з упровадженням нових екологічних стандартів та технологій, однак проблема залишається актуальною.

Моніторинг довкілля є важливим інструментом оцінки стану навколишнього середовища та ефективності впроваджених екологічних заходів. Проте в Україні досі використовується застаріла система моніторингу атмосферного повітря, що ускладнює вчасне реагування на екологічні виклики. Важливим аспектом сучасних досліджень є впровадження вдосконалених методик збору, аналізу та обробки даних, що включають заповнення пропусків у статистичних показниках, використання автоматизованих систем і прогнозних моделей.

Для подальшого покращення екологічної ситуації необхідно вдосконалювати методи моніторингу, розширювати джерела даних та застосовувати сучасні підходи до їх аналізу.

У першому розділі висвітлено теоретико-методологічні основи дослідження впливу автотранспорту на атмосферне повітря, окреслено основні підходи до оцінювання рівня забруднення та розглянуто можливості застосування математичних методів для підвищення точності отриманих результатів. Це закладає основу для подальшого аналізу фактичних показників стану довкілля у наступних розділах роботи.

Основні положення цього розділу розкрито у публікаціях [107 – 109, 67].

РОЗДІЛ 2

УРБООКОСИСТЕМА ТЕРНОПОЛЯ В УМОВАХ ТРАНСПОРТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

2.1 Урбосистема Тернополя як об'єкт дослідження

Загальна інформація

Тернопіль розташовано в західній частині України. Усереднена висота над рівнем моря - 320 метрів. Найвища точка міста – 374 м. – масив «Східний» (проспект Степана Бандери, 80). Найнижча точка – 298 м. – береги річки Серет, що біля об'їзної дороги в районі Петриківського перехрестя (вул. Білогірська). Площа міста Тернополя становить 72 км². Станом на 2024-й рік місто має наступне територіальне районування (рис. 2.1) [101, 102, 121]:

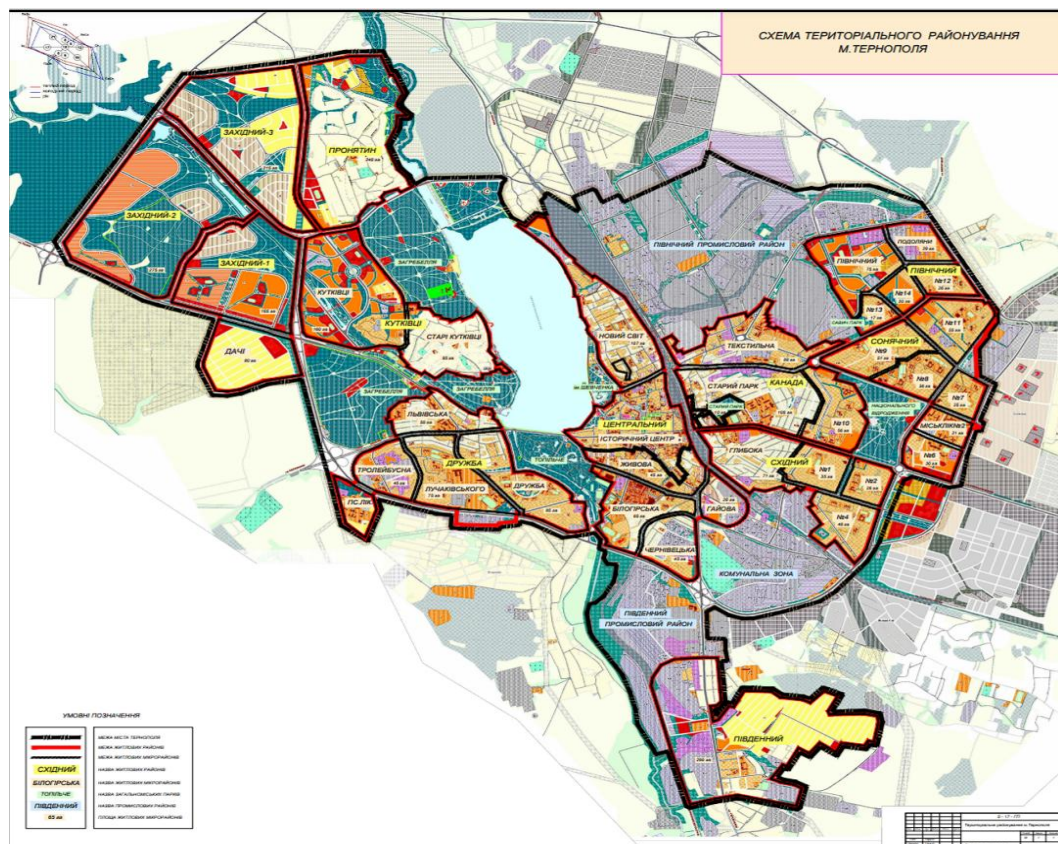


Рис. 2.1 Картосхема міста Тернопіль [121]

Тернопіль лежить на межі басейнів стоку річок, що впадають до Чорного та Балтійського морів. Одна частина рік (північніше Тернополя) течуть у Балтійське море, інша (південніше) – у Чорне море. Це спричиняє ситуацію, коли циклони (як теплі, так і холодні) ніби зависають над Тернополем. Відповідно, викликаючи більшу спеку або більший холод [16].

Кліматичні особливості Тернополя:

1. Тернопіль має помірно-континентальний клімат із відносно м'якими зимами та теплим літом.
2. Опади розподіляються нерівномірно, максимум припадає на літні місяці.
3. Вітровий режим змінюється за сезонами: взимку та навесні переважають північно-західні потоки, у другій половині року частішають південно-східні вітри.
4. Значний вплив на клімат міста мають як атлантичні повітряні маси, що приносять вологу і нестійку погоду, так і континентальні маси з більш сухими й стабільними умовами.

Найінтенсивніші зливові опади припадають на кінець весни та початок літа, причому понад 60% злив випадає саме в літні місяці. У результаті випадання майже місячної норми опадів за короткий проміжок часу в Тернополі спостерігалися значні підтоплення доріг, пішохідних зон, житлових будинків та інших об'єктів інфраструктури (рис. 2.2) [49].



Рис. 2.2 Місця потенційного ризику підтоплення м. Тернопіль [49]

Усі потенційно підтоплювані території міста (рис. 2.2) з фізико-географічної точки зору розташовані в знижених ділянках рельєфу. Незважаючи на наявність дощових колекторів у цих районах, їхній технічний стан залишається незадовільним.

Детальний аналіз змін погодних умов розглянуто у Розділі 2.3.

Територією тернопільської МТГ проходять європейські шляхи (рис. 2.3):

1. Автошлях E50 (M30);
2. Маршрут E85 (M19);
3. Маршрут E372 (M09, H02).



Рис. 2.3 Міжнародні автошляхи, які пролягають через місто Тернопіль

Транспортна система Тернополя налічує 17 штучних споруд-елементів магістральної мережі (6 автомобільних мостів протяжністю 140,4 м; 9 шляхопроводів загальною протяжністю 1794,0 м; 2 пішохідних мости загальною протяжністю 242,2 м) [25, 101, 102]. Однією з проблем організації транспортного

руху в Тернополі є те, що магістральні вулиці міста (вул. С. Будного та вул. Протасевича) збігаються з південною об'їзною дорогою (рис. 2.4). Це призводить до проходження транзитного транспорту автошляху Е50 через місто, що спричиняє змішування міських та міжміських транспортних потоків. Відсутність чітко організованого пріоритету для громадського транспорту на фоні швидкого зростання кількості автомобілів населення погіршує ситуацію [119].

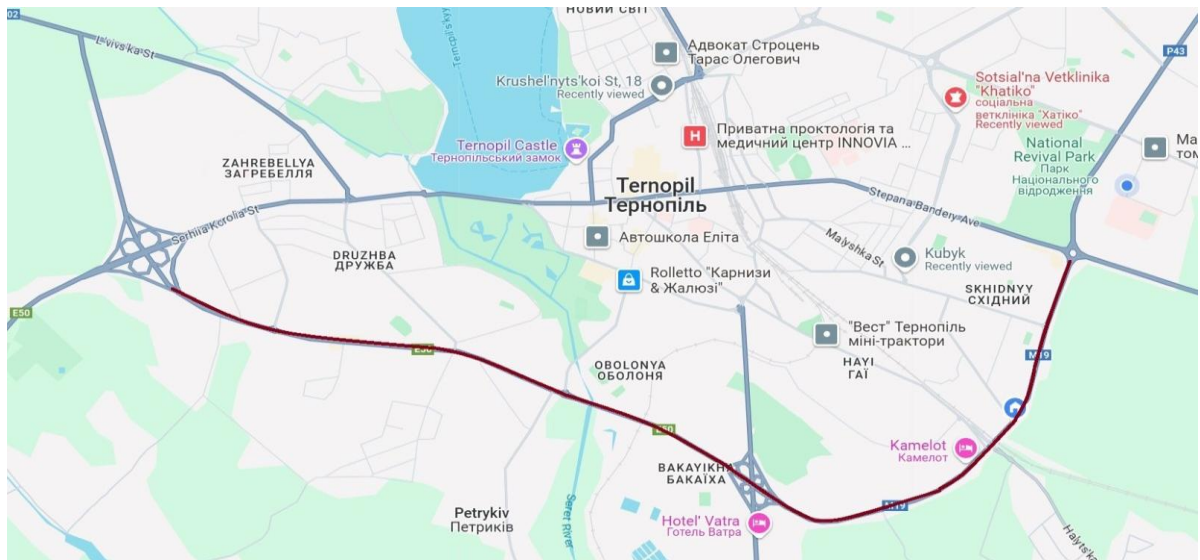


Рис. 2.4 Магістральні вулиці, які перетинаються з південною об'їзною дорогою міста (скриншот Google Maps, з авторським позначенням)[160]

Дорожньо-транспортна система Тернопільської МТГ орієнтована на розвиток на засадах сталої мобільності (рис. 2.5) [119].

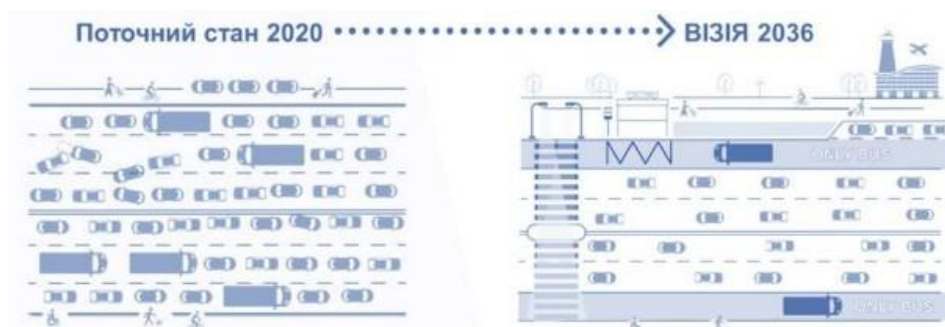


Рис. 2.5 Візія сталої мобільності Тернопільської МТГ відповідно до Плану сталої мобільності Тернопільської міської територіальної громади [119]

Аналіз та зміни, що застосовувалися впродовж років для покращення стану автомобільних шляхів та автопарку міста детально описано у розділі 3, підрозділі 3.1.

Чисельність наявного населення міста станом на 1 січня 2022-о року становила 223 522 осіб [115, с. 16, 151]. Щільність населення $\approx 3\,104$ осіб/км² (01.01.2022 р.).

Станом на 01.01.2022 р. зауважено велику кількість осіб середньої вікової категорії (табл. 2.1) [115, с. 16, 151].

Таблиця 2.1

Розподіл постійного населення за статтю та віковими групами, станом на 1 січня 2022 року [115, с. 16, 151]

	Чисельність населення, осіб			Відсотків всього населення		
	усього	чоловіки	жінки	усього	чоловіки	жінки
Усе населення	223522	101755	121767	100	100	100
у тому числі у віці, років						
до 1	1935	990	945	0,9	1,0	0,8
1 - 4	8900	4592	4308	4,0	4,5	3,5
5 - 9	13524	6903	6621	6,0	6,8	5,4
10 - 14	13613	6931	6682	6,1	6,8	5,5
15 - 19	12768	6458	6310	5,7	6,3	5,2
20 - 24	12115	6074	6041	5,4	6,0	5,0
25 - 29	14086	6456	7630	6,3	6,3	6,3
30 - 34	16486	7703	8783	7,4	7,6	7,2
35 - 39	23332	10716	12616	10,5	10,5	10,4
40 - 44	19008	8856	10152	8,5	8,7	8,3
45 - 49	15199	7154	8045	6,8	7,0	6,6
50 - 54	13187	5883	7304	5,9	5,8	6,0
55 - 59	14140	6099	8041	6,3	6,0	6,6
60 - 64	15523	6365	9158	6,9	6,3	7,5
65 - 69	12226	4629	7597	5,5	4,6	6,2

70 і старшому	17480	5946	11534	7,8	5,8	9,5
---------------	-------	------	-------	-----	-----	-----

Найбільше людей зафіксовано у віці 35 – 39 років. У цьому проміжку зареєстровано 23 332 особи. З них 10 716 чоловіків та 12 616 жінок. Серед вікових категорій спостерігається найменша кількість новонароджених у віці до 1-го року - 1 935 осіб загалом.

Виробництво у Тернополі представлене переважно харчовою і легкою промисловістю, мебельними фабриками, будівництвом та ін. У Тернополі до останнього часу працював потужний комбайновий завод, який виробляв бурякозбиральні комбайни. (табл. 2.2). Зараз працює лише невелика його частина.

Таблиця 2.2

Промислові об'єкти міста Тернополя

Харчова промисловість	ВАТ «ТерА» (кондитерська фабрика); ПрАТ «Тернопільський молокозавод»; Тернопільська пивоварня «ОПІЛЛЯ»; Тернопільський завод безалкогольних напоїв.
Легка промисловість	ВАТ Тернопільське об'єднання «Текстерно»; ТОВ ТД «Теркурій» (виробник панчішно-шкарпеткових виробів); ВАТ Тернопільська швейна фабрика «Галія»; ВАТ «Вінітекс» (завод штучних шкір).
Будівництво	ТОВ «Тернопільбуд»; ТОВ «Добробуд»; Будівельна компанія «Креатор-Буд»; ПАТ «Тернобуддеталь»; ЗАТ «Тернопільський завод залізобетонних конструкцій»; ТОВ «ЕлДом» (виробник вікон і дверей).
Машинобудівна промисловість	ВАТ «Ватра»; ТОВ «Шредер»; ВАТ Тернопільський радіозавод «Оріон»; ПАТ «Техінмаш»; ТОВ «САЮЗ»; ТОВ «СЕ Борднетце-Україна».
Інші об'єкти	ВАТ «Тернопільська фармацевтична фабрика»; КБ «Промінь»; Фабрика меблів «НОВА»; ВП «Пасажирське вагонне депо Тернопіль»; ВП «Локомотивне депо Тернопіль».

Викиди забруднюючих речовин

За даними додатку до рішення міської ради 7/41/33 «Паспорт Програми охорони навколишнього природного середовища Тернопільської міської

територіальної громади на 2020 – 2023» [85]. Відмічено, що екологічна ситуація найбільше визначається автотранспортом [85, с. 2].

У місті 72% становлять викиди від пересувних джерел. Від стаціонарних джерел надходить лише 28% [85]. Аналізуючи відомості за період з 2000 по 2015 роки встановлено, що середнім показником викидів у м. Тернопіль від пересувних джерел за рік є 11 767 тонн (табл. 2.3, рис. 2.6) [3, 108].

Таблиця 2.3

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел і виробничої техніки міста Тернопіль 2000 р. - 2015 р. (крім вуглецю діоксиду), тонн [3, 14, 15, 108]

Роки	Обсяги викидів забруднюючих речовин пересувними джерелами (крім вуглецю діоксиду)
2000 р.	11 400
2005 р.	14 600
2010 р.	12 000
2012 р.	12 090,8
2013 р.	11 218,53
2014 р.	10 660,02
2015 р.	10 434,4

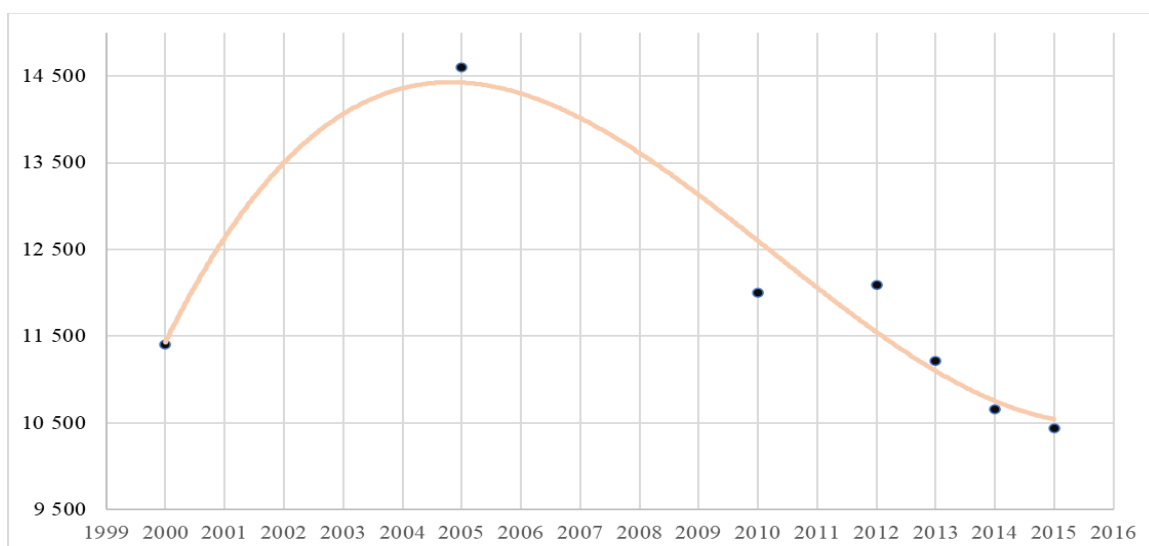


Рис. 2.6 Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел і виробничої техніки міста Тернопіль (період з 2000 по 2015 р.р.), тонн [3, 14, 15, 108]

У контексті дослідження особливу увагу приділено викидам, створеним приватним транспортом населення. Ці показники дозволяють оцінити внесок окремої категорії транспортної системи в загальну кількість забруднюючих речовин від пересувних джерел (табл. 2.4, рис. 2.7).

Таблиця 2.4

**Викиди забруднюючих речовин від транспорту населення 2013 - 2015р.р.,
тонн [3, 14, 15]**

Обсяги викидів забруднюючих речовин (крім вуглецю діоксиду) від транспортних засобів населення в атмосферу в 2013 - 2015 р.р. по місту Тернопіль			
Рік:	2013	2014	2015
Обсяги викидів, тонн:	5386,549	5300,942	5136,14

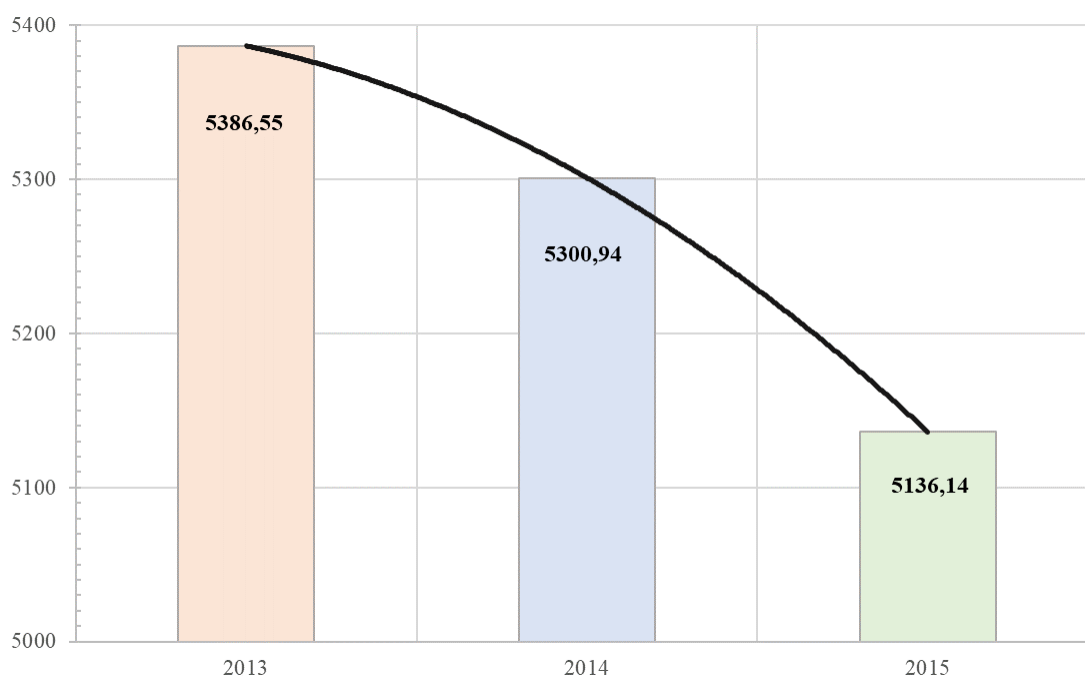


Рис. 2.7 Викиди від транспорту населення (крім вуглецю діоксиду). Тернопіль за період з 2013 по 2015 р.р., тонн [14, 15]

Показники, щодо забруднення спровокованого транспортом населення узгоджуються із загальним скороченням викидів від пересувних джерел за період з 2000 по 2015 р.р.

В країні поступово впроваджувалися нові Європейські стандарти для автомобілів (табл. 3.4). Посилювався контроль, щодо викидів відпрацьованих газів. Внаслідок цих дій рівень викидів знижувався як по всій країні, так аналогічно і у місті .

Детальний аналіз структури та зміни рівня викидів за різні роки здійснено у Розділі 3.2.

Зараз Тернопільський обласний центр гідрометеорології проводить постійні спостереження у 2-х точках. ПСЗ №1 (перехрестя вулиць Бродівської і Збараської) і ПСЗ №2 (перехрестя вулиць Живова і Микулинецької).

Результатами є наступні показники: забруднення атмосферного повітря пилом, діоксидом сірки, оксидом вуглецю, діоксидом азоту, оксидом азоту, формальдегідом, а також важкими металами (залізо, кадмій, марганець, мідь, нікель, свинець, хром і цинк) і бензапіреном [85, с. 2].

Середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі обласного центру в кратності ГДК становили: по формальдегіду – 1,0 ГДК; пилу – 0,5 ГДК; діоксиду азоту – 1,3 ГДК; оксиду азоту – 0,4 ГДК; оксиду вуглецю – 0,8 ГДК; діоксиду сірки – 0,1 ГДК.

В останні роки спостерігається збільшення вмісту формальдегіду, пилу, діоксиду азоту, оксиду вуглецю, не змінився вміст оксиду азоту та діоксиду сірки [85, с. 2].

Зелені насадження та екологічна сфера міста

Асиміляція викидів забруднюючих речовин та забудова парків детально розглядається у Розділі 3.3 даної роботи. Зміни, передбачені генеральним планом міста у 2024 році, відображено у додатку Б.

Відповідно до дисертаційного дослідження Кузика Ігора Романовича, «Комплексна зелена зона міста Тернопіль: геоекологічні засади сталого функціонування» [47], загальна площа рослинного покриву у місті становить:

1. Наявна лісопаркова частина - 2 690 га (у тому числі багаторічні насадження, землі під водою, сіножаті, пасовища, сквери, бульвари, озеленення житлової забудови, закладів охорони здоров'я).
2. Лісогосподарська частина - 7 276 га, значну частку становлять ліси (62,5% / 4 550 га).
3. Загальний показник становить - 9 966 га.

Загальна чисельність населення міста Тернопіль станом на 2021 рік складала 223 900 осіб [115, с. 15]. Згідно з методикою проф. Ф.В. Стольберга [118, с. 274], рекомендована площа зелених насаджень становить 15 га на 1000 мешканців. Виходячи з чисельності населення, нормативна площа лісопаркової частини КЗЗМ мала б становити 3 358,5 га, що перевищує наявну площу на 668,5 га.

Крім того, враховуючи населення прилеглих сільських рад у межах лісогосподарської частини КЗЗМ (49,1 тис. осіб [47]), загальна кількість мешканців на цій території сягає 273 тис. осіб. За нормативним показником 50 га / 1000 осіб [115, с. 273], загальна необхідна площа озеленення має становити 13 650 га, що суттєво перевищує існуючі площі озеленення.

Водночас, згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України №173 від 19.06.1996р. «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» (п. 6.2), «площа озелених територій загального користування для міст має становити не менше 10 м²/ особу, в сільських поселення – не менше 12 м²/ особу. Рівень озеленення території житлової забудови має бути не менше 40%...» [97].

Фактична динаміка площі зелених насаджень у Тернополі є негативною. За даними дослідження Кузика І. Р. [48], у період з 2010 по 2020 р.р. площі парків міста скоротилися на 25 га. У публікації газети «20 хвилин» від 14 жовтня 2015 року [88] зазначено, що за попередні роки площа зелених насаджень зменшилась

на десятки гектарів від початкових показників. Спостерігається активна забудова паркових зон, прибережної смуги Тернопільського водосховища, що порушує схему екологічної мережі міста. До 2014 року рівень озеленення міста становив понад 30%, а вже починаючи з 2015 року цей показник знизився до менше ніж 20% [49] (табл. 3.8).

Таким чином, актуальний стан зелених насаджень міста Тернопіль є незадовільним як з точки зору дотримання екологічних нормативів, так і з позиції сталого функціонування урбосистеми.

Використаний бюджет міста

Світові лідери серед міст сьогодні орієнтуються на стратегію стійкого розвитку міста (sustainable development) [77, 154, 159], яка передбачає збалансований розвиток соціальної, економічної та екологічної сфер. Рациональне формування та розподіл бюджетних видатків між цими сферами є необхідною умовою для забезпечення стійкості міського середовища, підвищення якості життя населення та зменшення негативного впливу зовнішніх факторів на урбосистему [156].

У цьому контексті було проведено аналіз бюджету міста Тернополя за період з 2018 по 2021 р.р., що дозволяє простежити динаміку фінансування основних напрямів міського господарства та визначити актуальні тенденції його розвитку. Такий підхід забезпечує можливість оцінити, наскільки міська фінансова політика відповідає концепції сталого розвитку [149].

Вибір саме цього періоду обумовлений наявністю повних та офіційно оприлюднених даних. Починаючи з 24 лютого 2022 року, після початку повномасштабного вторгнення РФ на територію України, доступність багатьох статистичних матеріалів, зокрема бюджетної звітності, була обмежена з міркувань національної безпеки. У зв'язку з цим подальші бюджетні показники не оприлюднюються у повному обсязі у відкритих джерелах.

Водночас дані за період 2018 – 2021 р.р. є репрезентативними для аналізу, оскільки дозволяють охарактеризувати основні тенденції фінансової політики міста на етапі, що передував воєнному стану.

У разі наявності повного обсягу даних про видатки міського бюджету після 2022 року, було б можливим продовжити аналіз за аналогічною схемою, зокрема за 2019, 2021 та 2023 роки, що дозволило б синхронізувати його з дослідженням транспортного навантаження та атмосферного стану міста. Проте, навіть за умов обмеженого доступу до більш пізньої інформації, досліджений період забезпечує достатню інформаційну базу для об'єктивного розуміння напрямів розвитку міста в останні роки та дозволяє зробити обґрунтовані висновки щодо відповідності фінансової політики міста концепції сталого розвитку.

У межах даного дослідження видатки міського бюджету згруповано за трьома основними сферами:

- соціальна сфера — включає видатки на освіту, охорону здоров'я, культуру, соціальний захист, фізичну культуру та спорт;
- економічна сфера — охоплює фінансування транспорту, житлово-комунального господарства, будівництва, енергозбереження та інфраструктурного розвитку;
- екологічна сфера — передбачає витрати на охорону навколишнього природного середовища, благоустрій міста, озеленення, поводження з відходами та інші заходи екологічного спрямування.

Аналіз виконано на основі даних офіційних рішень Тернопільської міської ради про затвердження бюджету та інформації з порталу публічних фінансів [31]. Деталізовані показники за напрямками подано у Розділі 2.2.

2.2 Тенденції зміни ступеня збалансованості урбосистеми

У бюджеті Тернополя екологія не представлена окремою сферою. Однак витрати на охорону довкілля проводилися в межах підкатегорії “Благоустрій та екологія” у сфері ЖКГ.

2018

У 2018-у році обсяг бюджету міста становив 2 454 400 000 гривень (рис. 2.10) [26, 31, 122]. З цієї суми:

1. Загальний фонд становив 85% / 2 081 700 000 гривень.
2. Спеціальний фонд становив 15% / 372 700 000 гривень

Структура видатків бюджету у межах трьох сфер сталого розвитку:

1. Соціальна сфера (рис. 2.8).

На соціальну сферу цього року було спрямовано найбільшу частину видатків — 1 862 400 000 гривень, що становить 75,8% від загального обсягу бюджету.

Розподіл в межах сфери:

- Освіта – 816 400 000 гривень (43,83%).
- Охорона здоров'я — 286 600 000 гривень (15,38%).
- Соціальний захист населення — 642 300 000 гривень (34,48%).
- Культура — 76 700 000 гривень (4,11%).
- Молодь і спорт — 40 400 000 гривень (2,16%).

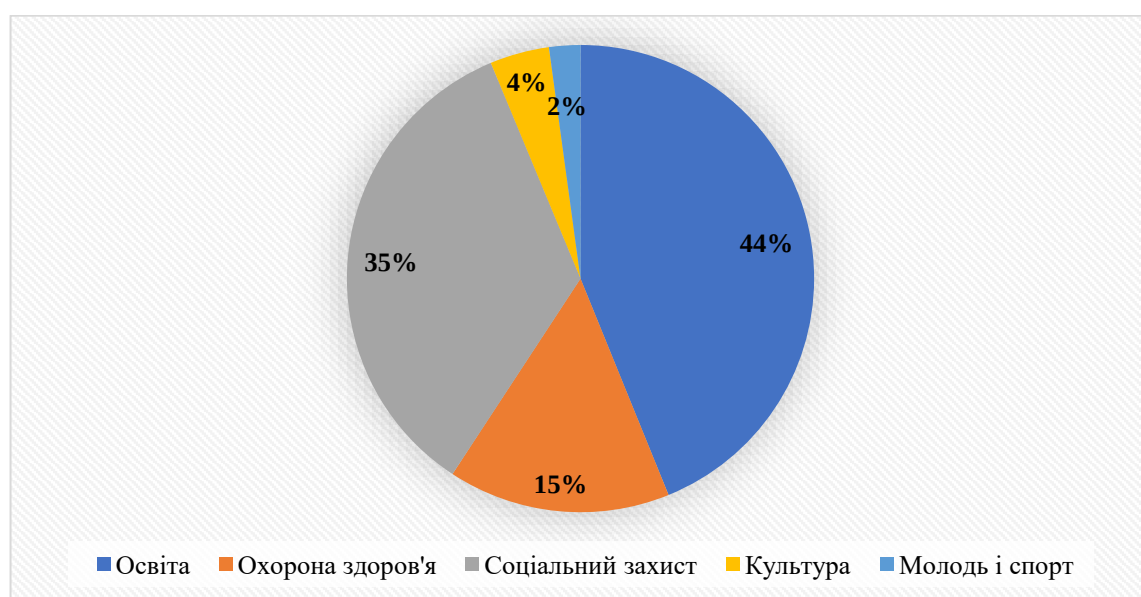


Рис. 2.8 Розподіл видатків для соціальної сфери у 2018-у році [26, 31, 122]

2. Економічна сфера (рис. 2.9).

На економічну сферу цього року було спрямовано — 177 600 000 гривень, що становить 7,2% від загального обсягу бюджету.

Розподіл в межах сфери:

- ЖКГ – 124 500 000 гривень (70,10%).
- Транспорт – 53 100 000 (29,89%).

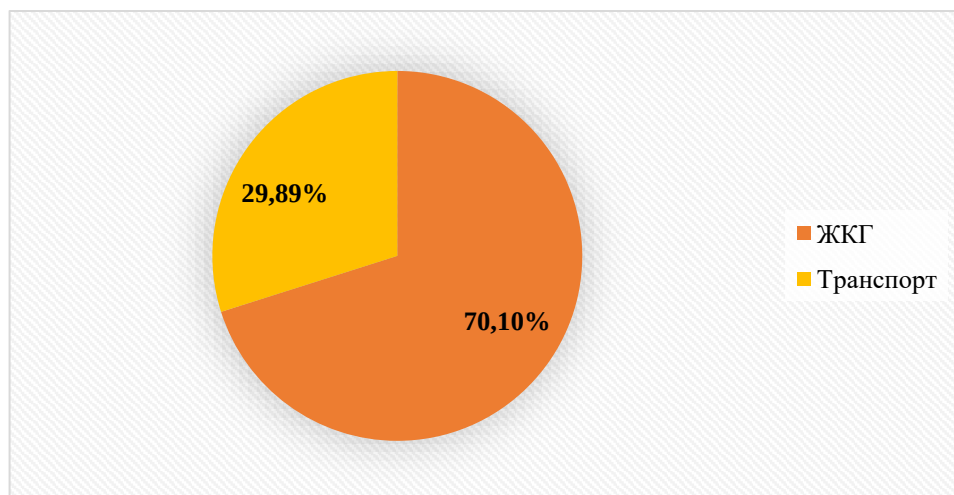


Рис. 2.9 Розподіл видатків для економічної сфери у 2018-у році [31, 122]

3. Екологічна сфера.

- Благоустрій та екологія всього – 215 500 000 гривень (8,78% від усього бюджету та 63,38% від загальних видатків на ЖКГ).

Висновок за 2018-й рік.

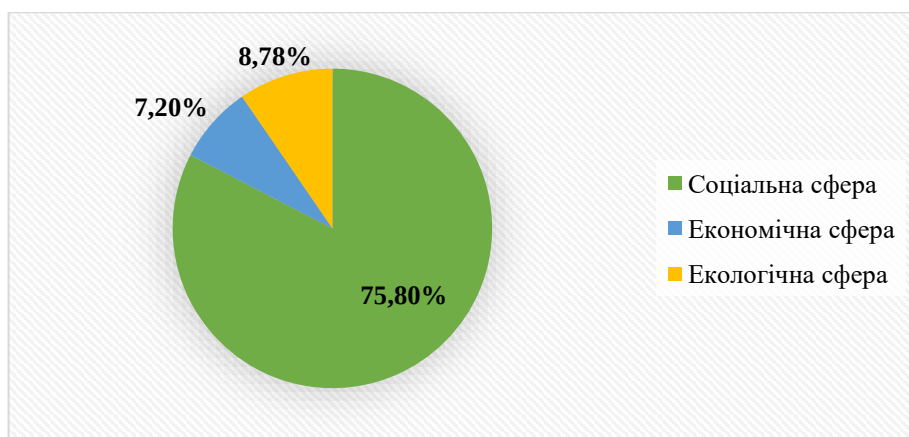


Рис. 2.10 Відсоткове співвідношення між соціальною, економічною та екологічною сферами за 2018-й рік [31, 59, 122]

Аналіз структури видатків бюджету Тернополя у 2018 році виявив чітке домінування соціальної сфери, на яку було спрямовано 75,8% загального обсягу бюджету. Це свідчить про пріоритетність соціально-орієнтованих програм у муніципальній фінансовій політиці.

Економічна сфера отримала 7,2%, що свідчило про обмежені можливості для підтримки розвитку інфраструктури та міської економіки.

Екологічна складова бюджету, представлена переважно через видатки на благоустрій, становила 8,78%, що не відповідало потребам забезпечення екологічної безпеки урбоекосистеми.

Загалом структура бюджету мала виражений соціальний перекид, що утримувало місто від переходу до збалансованої моделі сталого розвитку.

2019

У 2019-у році обсяг бюджету міста становив 2 599 700 000 гривень (рис. 2.12) [31, 122]. З цієї суми:

1. Загальний фонд становив 79,6% / 2 070 600 000 гривень.
2. Спеціальний фонд становив 20,4% / 529 100 000 гривень.

Структура видатків бюджету у межах трьох сфер сталого розвитку:

1. Соціальна сфера (рис. 2.11).

На соціальну сферу цього року було спрямовано найбільшу частину видатків — 1 799 400 000 гривень, що становить 69,23% від загального обсягу бюджету.

Розподіл в межах сфери:

- Освіта – 975 900 000 гривень (54,26%).
- Охорона здоров'я — 264 100 000 гривень (14,68%).
- Соціальний захист населення — 445 700 000 гривень (24,77%).

- Культура — 54 700 000 гривень (3,04%).
- Молодь і спорт — 59 000 000 гривень (3,28%).

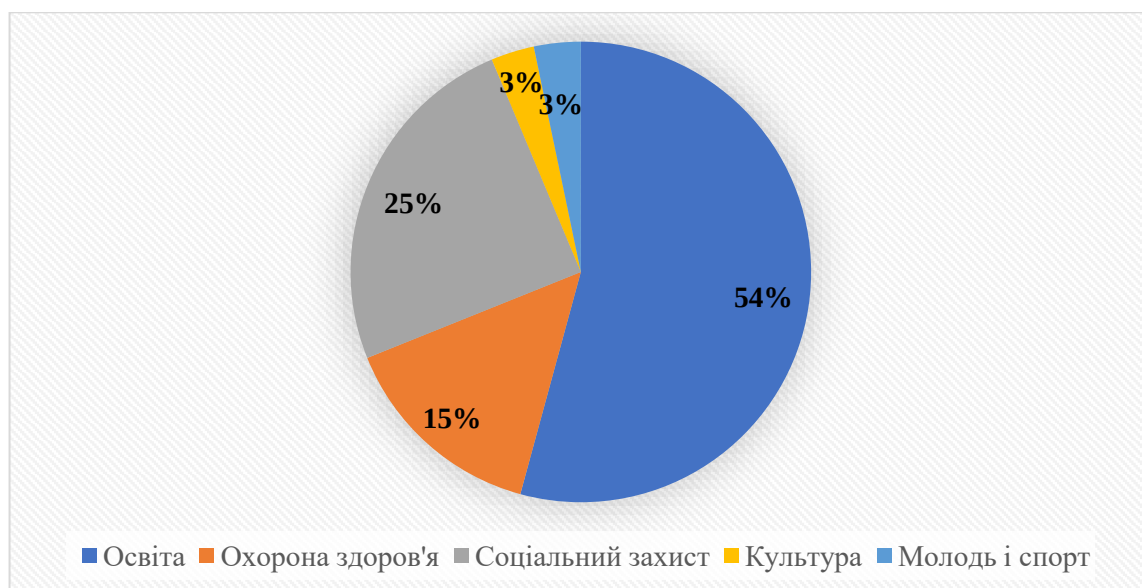


Рис. 2.11 Розподіл видатків для соціальної сфери у 2019-у році [31, 122]

2. Економічна сфера.

На економічну сферу цього року було спрямовано — 305 800 000 гривень, що становить 11,76% від загального обсягу бюджету.

Розподіл в межах сфери:

- ЖКГ – 305 800 000 гривень (73,3% від усієї суми спрямованої на ЖКГ).
- Транспорт – 0. Цього року видатки відсутні.

3. Екологічна сфера.

- Благоустрій та екологія всього – 111 300 000 гривень (4,28% від усього бюджету та 26,68% від загальних видатків на ЖКГ).

Висновок за 2019-й рік.

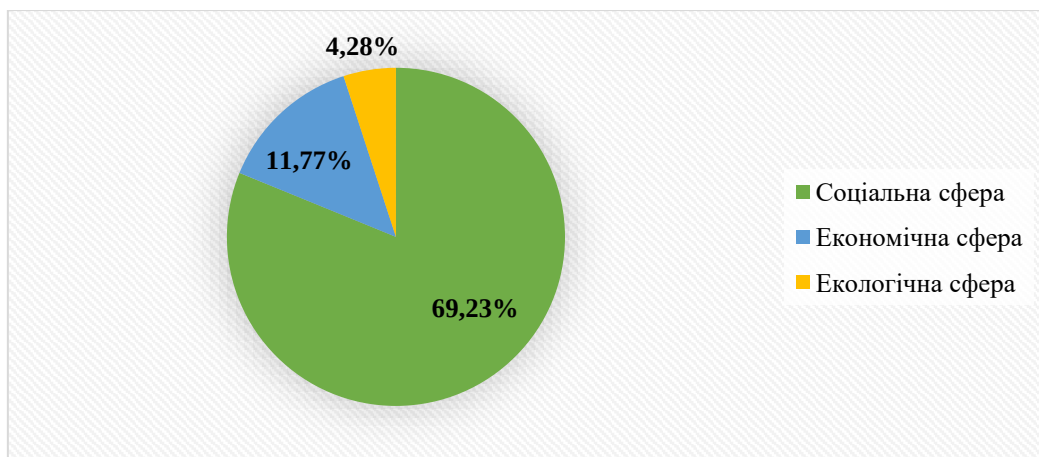


Рис. 2.12 Відсоткове співвідношення між соціальною, економічною та екологічною сферами за 2019-й рік [31, 59, 122]

У 2019 році бюджетна структура Тернополя залишалась соціально орієнтованою, проте частка соціальної сфери дещо знизилася до 69,23%.

Водночас економічна сфера зросла до 11,77%, що свідчило про поступове посилення уваги до економічної складової міського розвитку.

Екологічні видатки скоротилися до 4,28%, що посилювало дисбаланс між сферами сталого розвитку і обмежувало можливості покращення екологічного стану.

Такий розподіл ресурсів утримував міський бюджет у стані нерівномірності між соціальним, економічним та екологічним пріоритетами.

2020

У 2020-у році обсяг бюджету міста становив 2 402 100 000 гривень (рис. 2.15) [31, 122]. З цієї суми:

1. Загальний фонд становив 72% / 1 731 200 000 гривень.
2. Спеціальний фонд становив 28% / 670 300 000 гривень.

Структура видатків бюджету у межах трьох сфер сталого розвитку:

1. Соціальна сфера (рис. 2.13).

На соціальну сферу цього року було спрямовано найбільшу частину видатків — 1 454 900 000 гривень, що становить 60,55% від загального обсягу бюджету.

Розподіл в межах сфери:

- Освіта – 1 032 900 000 гривень (71,01%).
- Охорона здоров'я — 131 500 000 гривень (9,04%).
- Соціальний захист населення — 128 300 000 гривень (8,82%).
- Культура — 95 800 000 гривень (6,58%).
- Молодь і спорт — 66 400 000 гривень (4,56%).

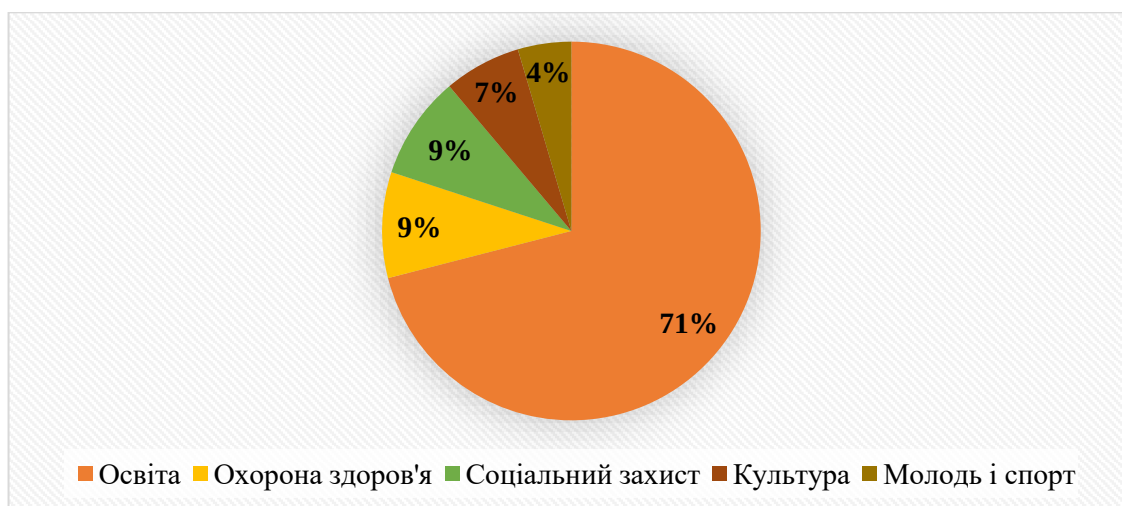


Рис. 2.13 Розподіл видатків для соціальної сфери у 2020-у році [31, 122]

2. Економічна сфера (рис. 2.14).

На економічну сферу цього року було спрямовано — 345 800 000 гривень, що становить 14,39% від загального обсягу бюджету.

Розподіл в межах сфери:

- ЖКГ – 282 300 000 гривень (81,63%).
- Транспорт – 63 500 000 гривень (18,37%).

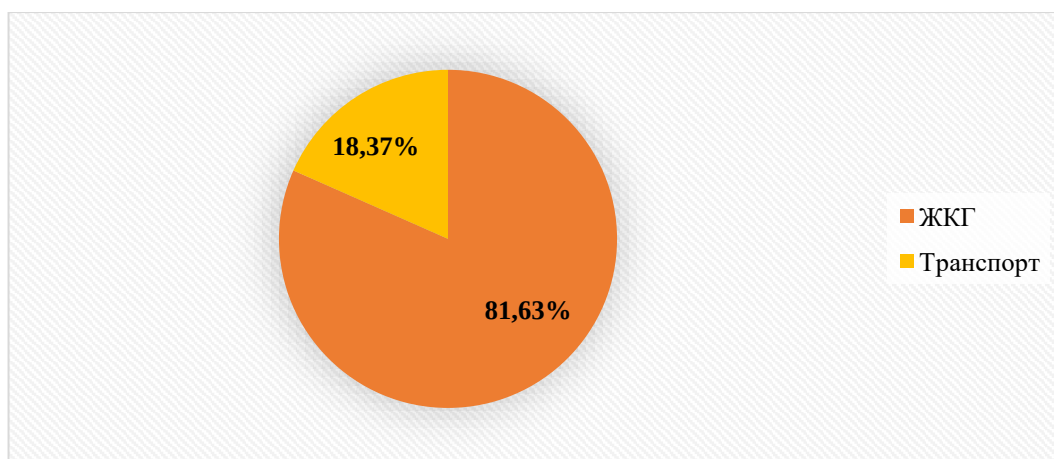


Рис. 2.14 Розподіл видатків для економічної сфери у 2020-у році [31, 122]

3. Екологічна сфера.

Благоустрій та екологія – 289 400 000 гривень (12,05% від усього бюджету та 50,62% від загальних видатків на ЖКГ).

Висновок за 2020-й рік.

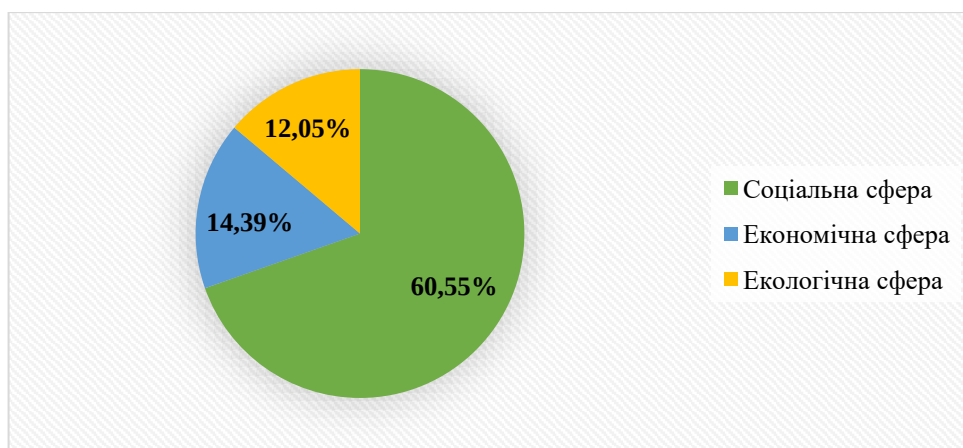


Рис. 2.15 Відсоткове співвідношення між соціальною, економічною та екологічною сферами за 2020-й рік [31, 59, 122]

Бюджет Тернополя у 2020 році продовжував демонструвати домінування соціальної сфери, хоча її частка знизилася до 60,55%.

Економічна сфера становила 14,39%.

Спостерігалось підвищення уваги до екології — частка видатків у цій сфері зросла до 12,05%, що можна оцінити як позитивну тенденцію посилення екологічної безпеки та благоустрою міста.

Проте загальний баланс між трьома ключовими сферами залишався порушеним, що стримувало повноцінну реалізацію концепції сталого розвитку.

2021

У 2021-у році обсяг бюджету міста становив 2 711 600 000 гривень (рис. 2.18) [31, 122]. З цієї суми:

1. Загальний фонд становив 74% / 2 006 700 000 гривень.
2. Спеціальний фонд становив 26% / 704 900 000 гривень.

Структура видатків бюджету у межах трьох сфер сталого розвитку:

1. Соціальна сфера (рис. 2.16).

На соціальну сферу цього року було спрямовано найбільшу частину видатків — 1 607 500 000 гривень, що становить 59,28% від загального обсягу бюджету.

Розподіл в межах сфери:

- Освіта — 1 260 200 000 гривень (78,39%).
- Охорона здоров'я — 78 900 000 гривень (4,9%).
- Соціальний захист населення — 103 900 000 гривень (6,46%).
- Культура — 81 500 000 гривень (5,06%).
- Молодь і спорт — 83 000 000 гривень (5,16%).

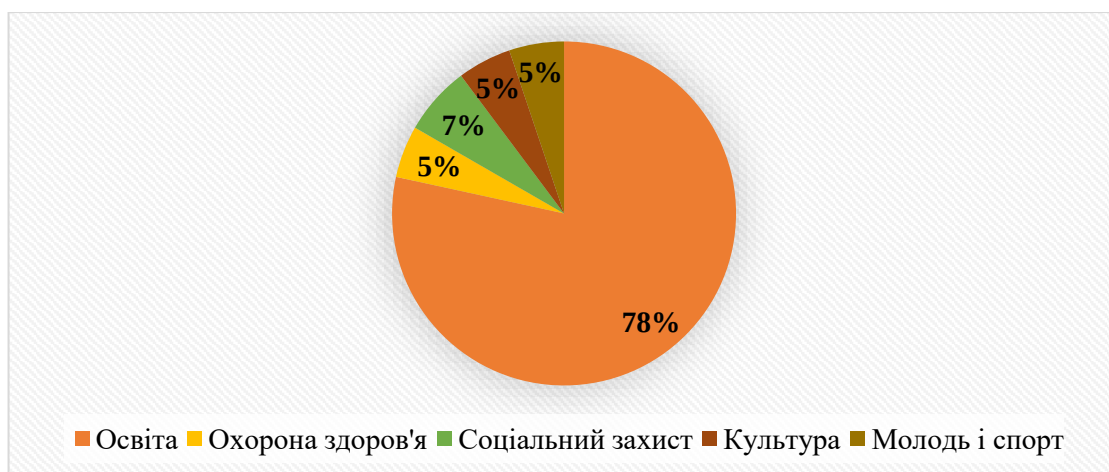


Рис. 2.16 Розподіл видатків для соціальної сфери у 2021-у році [31, 122]

2. Економічна сфера (рис. 2.14).

На економічну сферу цього року було спрямовано — 546 300 000 гривень, що становить 20,14% від загального обсягу бюджету.

Розподіл в межах сфери:

- ЖКГ – 437 300 000 гривень (80,04%).
- Транспорт – 109 000 000 гривень (19,95%).

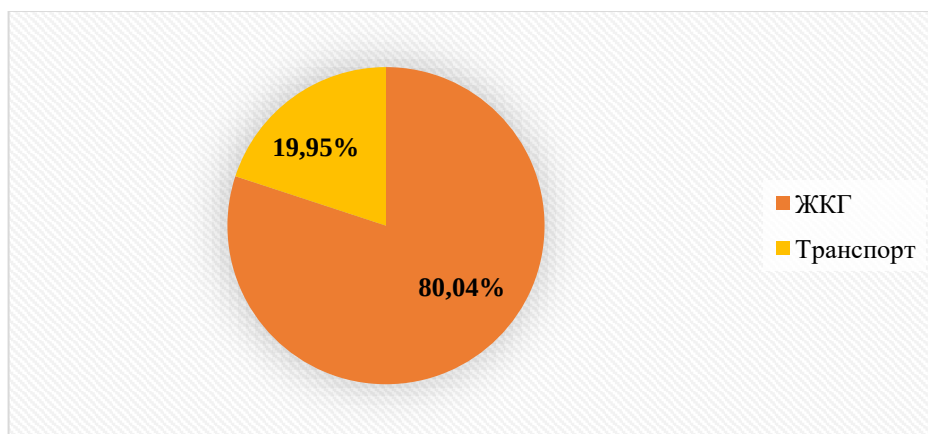


Рис. 2.17 Розподіл видатків для соціальної сфери у 2021-у році [31, 122]

4. Екологічна сфера.

Благоустрій та екологія – 229 200 000 гривень (8,45% від усього бюджету та 34,38% від загальних видатків на ЖКГ).

Висновок за 2021-й рік.

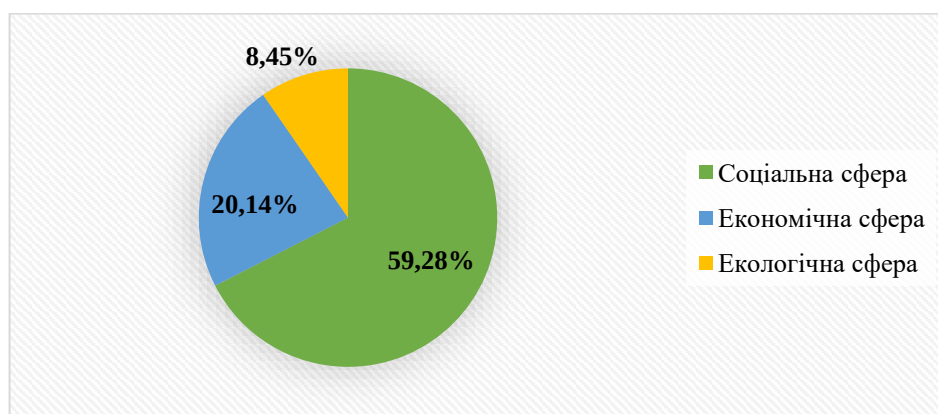


Рис. 2.18 Відсоткове співвідношення між соціальною, економічною та екологічною сферами за 2021-й рік [31, 59, 122]

У 2021-у році найбільше коштів знову отримала соціальна сфера. Все ж, відсоток, який вона отримала знову зменшився, цього разу до 59,28%.

Економічна складова продовжила зростання і досягла 20,14%, що відображає активізацію фінансування інфраструктурних та транспортних проєктів.

Частка видатків на екологію становила 8,45%.

Динаміка видатків за досліджуваний період з 2018 по 2021-й р.р. (табл., рис. 2.19, рис. 2.20)

Таблиця 2.5

Динаміка зміни видатків на соціальну, економічну та екологічну сфери за період з 2018 по 2021 р.р., % [26, 31, 59, 122]

	Соціальна сфера, %	Економічна сфера, %	Екологічна сфера, %
2018	75,8	7,2	8,78
2019	69,23	11,77	4,28
2020	60,55	14,39	12,05
2021	59,28	20,14	8,45

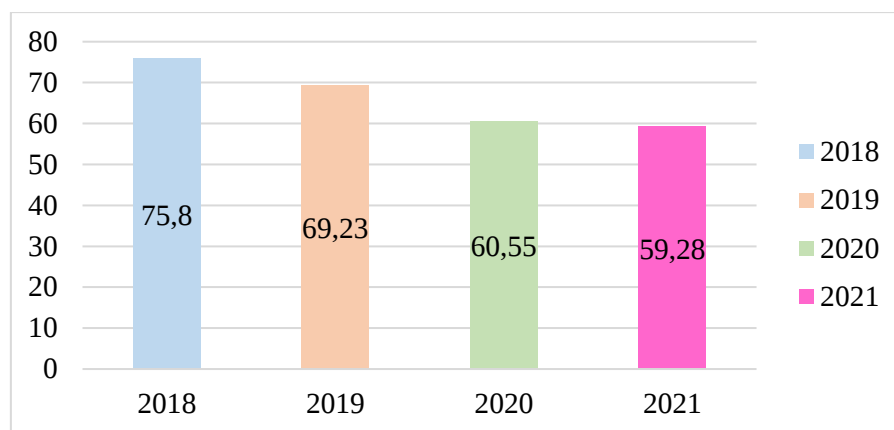


Рис. 2.19 Динаміка зміни видатків на соціальну сферу за період з 2018 по 2021 р.р., % [26, 31, 59, 122]

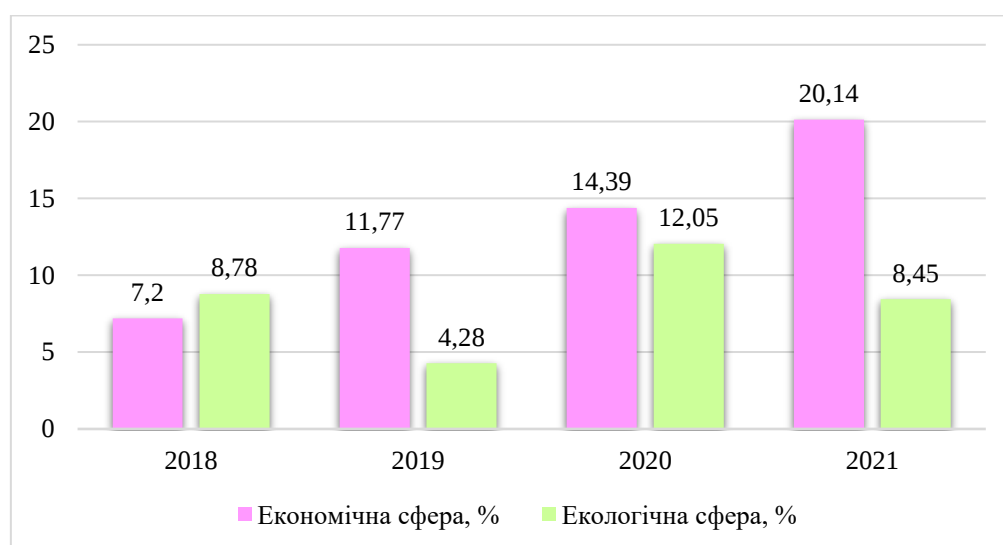


Рис. 2.20 Динаміка зміни видатків на економічну та екологічну сфери за період з 2018 по 2021 р.р., % [26, 31, 59, 122]

За досліджуваний період у структурі бюджету Тернополя простежується виразна тенденція до поступового зменшення частки соціальної сфери — з 75,8% у 2018 році до 59,28% у 2021 році. Незважаючи на це, вона стабільно залишається провідним напрямом фінансування, що свідчить про незмінну соціальну орієнтованість міської політики.

Економічна складова бюджету навпаки демонструє стійке зростання — з 7,2% у 2018 році до 20,14% у 2021 році, що відображає збільшення фінансування інфраструктурних, транспортних і інших економічних проєктів міста.

Екологічна сфера має найбільш нестабільну динаміку: частка видатків коливалась від 8,78% у 2018 році до мінімуму 4,28% у 2019, потім зросла до 12,05% у 2020 році і знову знизилася до 8,45% у 2021 році. Така нестабільність, ймовірно, пов'язана з тим, що екологічна сфера часто підпорядковується нагальним поточним потребам благоустрою та має менший пріоритет порівняно із соціальною та економічною складовими. Також вплив можуть мати зміни в бюджетній політиці, сезонні фактори та зовнішні економічні чи політичні умови.

Загалом за період з 2018 по 2021 р.р. бюджет Тернополя демонструє повільне, але послідовне наближення до більш збалансованого розподілу коштів між ключовими сферами сталого розвитку. Водночас варто відмітити вагоме домінування соціальної сфери зберігається. Екологічний напрям залишається вразливим до коливань бюджетної політики.

2.3 Характеристика погодно-кліматичних змін урбосистеми

Клімат — це довгостроковий звичайний стан погоди в певній місцевості, обумовлений її географічним положенням. Історично клімат зазнавав змін постійно, однак сучасні зміни відбуваються швидко та часто призводять до виникнення небезпечних метеорологічних явищ. Саме тому важливим є регулярний моніторинг та прогнозування майбутніх змін для своєчасного реагування на нові виклики.

Клімат Тернополя характеризується вираженою сезонністю:

1. *Зима*: помірно холодна. Середні температури від -3°C до -5°C . Однак можливі періоди з потеплінням або сильними морозами через вторгнення арктичних повітряних мас.
2. *Весна*: супроводжується нестійкими температурами. Середні значення становлять близько $+6^{\circ}\text{C}$ у березні та поступово підвищуються до $+15^{\circ}\text{C}$ у травні.

3. *Літо*: помірно тепле. Середня температура варіюється від $+18^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$, хоча в окремі періоди можливі короткочасні спекотні хвилі з температурами понад $+30^{\circ}\text{C}$.
4. *Осінь*: характеризується поступовим зниженням температури. Середні показники у вересні становлять $+15^{\circ}\text{C}$, а в листопаді вже опускаються до $+5^{\circ}\text{C}$.

Особливу роль у формуванні мікроклімату міста відіграє Тернопільський став — велика плесова водойма, розташована в центральній частині урбосистеми.

Вплив цієї водойми виявляється за кількома напрямками:

1. Регуляція температури повітря.

Водойми, такі як Тернопільський став, мають здатність акумулювати тепло вдень і віддавати його вночі, що сприяє пом'якшенню добових коливань температури. У літній період це призводить до зниження максимальної температури повітря в прилеглих районах, створюючи більш комфортні умови для мешканців [55].

2. Підвищення вологості повітря.

Випаровування з поверхні ставу сприяє підвищенню відносної вологості повітря в навколишніх районах. Це особливо важливо в спекотні дні, коли підвищена вологість пом'якшує відчуття спеки та покращує загальне самопочуття населення [55].

3. Формування локальних вітрових потоків.

Наявність великої водної поверхні впливає на формування локальних вітрових потоків, які сприяють вентиляції міських територій. Це допомагає розсіювати забруднювальні речовини, покращуючи якість повітря в місті, особливо в районах із високим транспортним навантаженням.

4. Вплив на екологічний стан міста.

Окрім кліматорегулюючих властивостей, Тернопільський став виконує важливу екологічну функцію, забезпечуючи середовище існування для різноманітних видів флори та фауни. Однак, за даними окремих екологічних обстежень, у водоймі наявні проблеми — забруднення хімічними сполуками та важкими металами, що може впливати на загальний стан екосистеми ставу та прилеглих територій [145].

Таким чином, Тернопільський став є ключовим чинником, що впливає на формування клімату у місті. Він поряд із зеленими насадженнями, зменшує ефект "міського теплового острова", сприяє зниженню температури повітря, підвищенню вологості та покращенню санітарно-екологічного стану [44].

У своїй статті «Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Тернопільській області та можливі їх зміни до середини XXI ст.» [5] Віра Балабух аналізує кліматичні зміни в регіоні за період з 1961 по 2010 роки. Зокрема, вона зазначає, що в літній період спостерігається підвищення температури повітря, зменшення кількості опадів та зниження швидкості вітру.

Такі умови сприяють формуванню стійких антициклональних впливів, що призводить до тривалих періодів спеки та посухи. Згідно з дослідженням, у літній період максимальна температура повітря перевищує 25 °C, що призводить до збільшення кількості днів із задухою. Ці зміни клімату сприяють накопиченню забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери та погіршенню якості повітря.

Для розуміння метеорологічного впливу на стан атмосфери міста та концентрації забруднюючих речовин здійснено поділ місяців 2019, 2021, 2023 років на циклональні та антициклональні. Критерії поділу відображено у Розділі 1.2, таблиця 1.11.

Антициклон — область підвищеного атмосферного тиску, яка приносить стійку, малохмарну та суху погоду.

Циклон — область зниженого атмосферного тиску, у якій повітря рухається проти годинникової стрілки (в Північній півкулі) та підіймається вгору,

спричиняючи нестійку погоду. Взимку циклони зазвичай приносять відлиги, опади, посилений вітер і суцільну хмарність.

Для кращого розуміння, класифікацію місяців детально описано на прикладі 2019-о року (рис. 2.25, рис. 2.26).

Для 2021-о (рис. 2.29, рис. 2.30) та 2023-о (рис. 2.33, рис. 2.34) років буде наведено лише підсумування даних. Детальний розподіл можна переглянути у додатку Г.

2019

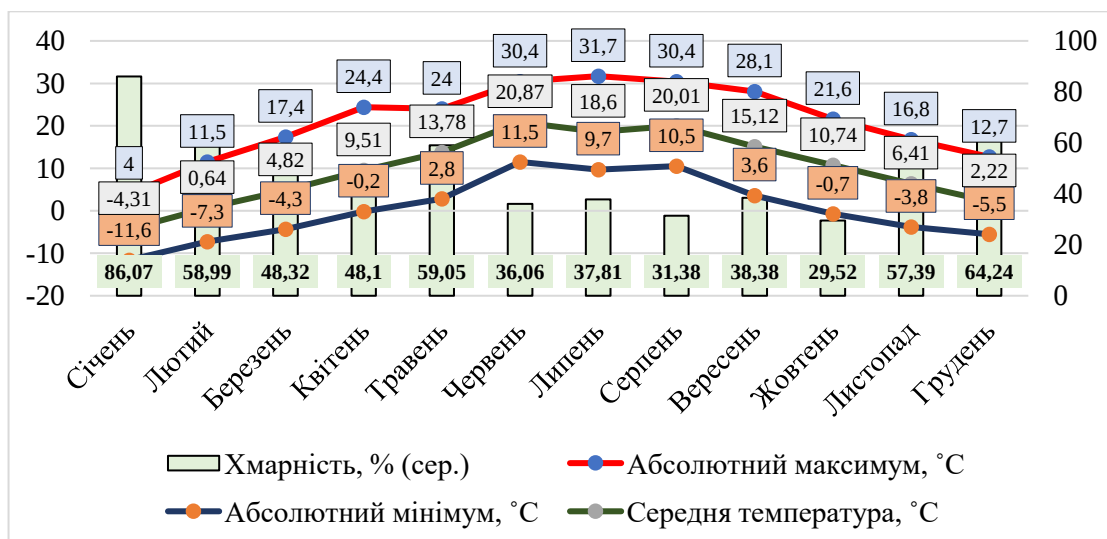


Рис. 2.25 Температурні показники, °C та хмарність, % в м. Тернопіль, 2019 р.

[176]

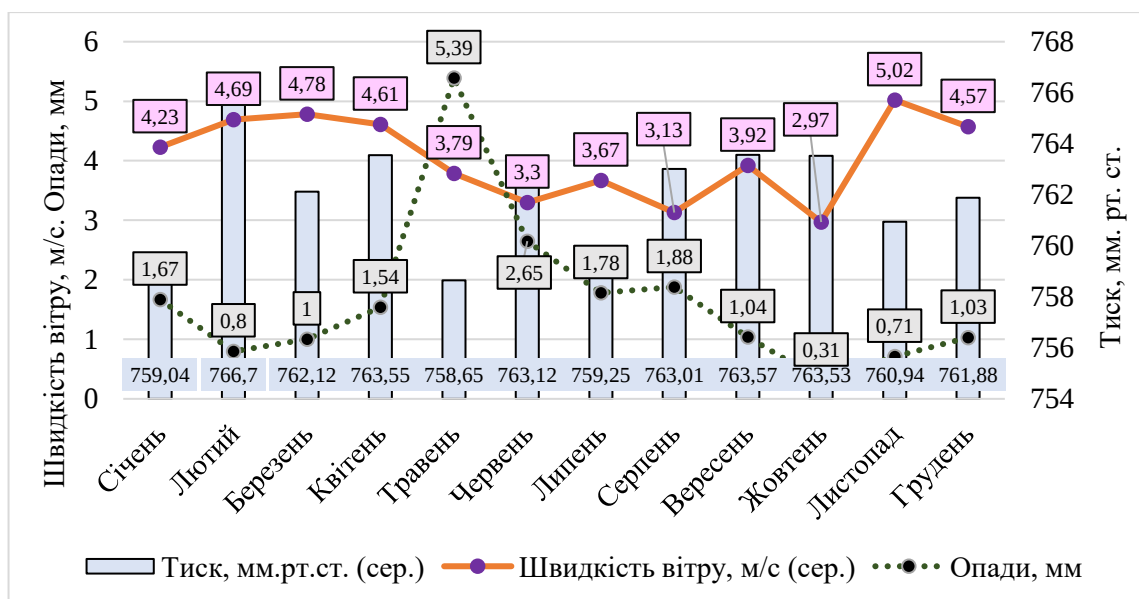


Рис. 2.26 Швидкість вітру, м/с. Тиск, мм.рт.ст. та опади, мм. в м. Тернопіль, 2019 р. [176]

1. Січень.

Температура морозна (*антициклон*). Спостерігається дуже високий відсоток хмарності (акумулюється тепло, для підвищення температури) - *циклон*. Тиск нижче поділки 760 мм.рт.ст. - *циклон*. Швидкість вітру більше 4 м/с - *циклон*. Рівень опадів свідчить про вплив *циклону*.

Циклональний місяць.

2. Лютий.

Середня температура додатня - *циклон*. Високий відсоток хмарності, сприяє зростанню температур - *циклон*. Тиск значно вище середнього (*антициклон*). Швидкість вітру близька до 5 м/с (середнє значення) - *циклон*. Показник опадів не високий (*антициклон*).

Циклональний місяць.

3. Березень.

Середня температура невисока для цього періоду. Свідчить про *антициклон*. Хмарність нижче 50% (*антициклон*). Тиск вище норми - *антициклон*. Середня

швидкість вітру вказує на *циклональну* активність. Невелика кількість опадів для весни - *антициклон*.

Антициклональний місяць.

4. Квітень.

Показник температури вказує на *циклон*. Малий відсоток хмарності свідчить про *антициклон*. Тиск вище 760 мм.рт.ст. - *антициклон*. Швидкість вітру вказує на *циклон*. Рівень опадів вище 1,5 мм на день - *циклон*.

Змішаний місяць.

5. Травень.

Середня температура вище норми - *циклон*. Хмарність становить більше 50% - *циклон*. Тиск нижче 760 мм.рт.ст. - *циклон*. Швидкість вітру ближче до впливу *циклону*. Найбільша за рік кількість опадів - *циклон*.

Циклональний місяць.

6. Червень.

Висока середня температура - *антициклон*. Низький рівень хмарності - *антициклон*. Тиск вище норми - *антициклон*. Середня швидкість вітру - *антициклон*. Рівень опадів - *антициклон* (відповідно поясненню вище).

Більшість основних характеристик відносяться до антициклонального впливу.

Антициклональний місяць.

7. Липень.

Температура - *антициклон*. Невелика хмарність - *антициклон*. Тиск вище норми для літнього періоду - *антициклон*. Швидкість вітру - *циклон*. Рівень опадів 1,78 - *антициклон*.

Для літа тиск у 759 мм.рт.ст. — це не зовсім критично низький показник, бо літом в антициклональних умовах тиск часто коливається близько 758–760 мм.

Антициклональний місяць.

8. Серпень.

Один із найжаркіших місяців у році - *антициклон*. Низький рівень хмарності - *антициклон*. Тиск вище 760 мм.рт.ст. - *антициклон*. Вітер - *антициклон*. Рівень опадів - *антициклон*.

Антициклональний місяць.

9. Вересень.

Температура - *циклон*. Хмарність - *антициклон*. Тиск перевищує середній показник, це вказує на *антициклон*. Швидкість вітру - *циклон*. Рівень опадів за день - *циклон*.
Змішаний місяць.

10. Жовтень.

Показник усередненої температури на день свідчить про *циклональну* активність. Невеликий рівень хмарності - *антициклон*. Тиск вище норми - *антициклон*. Середній рівень швидкості вітру - доволі низький - *антициклон*. Рівень опадів найнижчий за рік - *антициклон*.

Антициклональний місяць.

11. Листопад.

Середня температура у листопаді опустилася нижче 10°C. Це вказує на *антициклональну* діяльність. Хмарність більше 50% на день вказує на *циклон*. Тиск 760,94 мм.рт.ст. - *антициклон*. Швидкість вітру найбільша у році - 5,02 м/с - *циклон*. Опади менше 1мм - *антициклон*.

Змішаний місяць.

12. Грудень.

Середня температура на день додатня - це вказує на *циклон*. Хмарність зросла - *циклон*. Тиск більше середнього, свідчить про *антициклон*. Висока швидкість вітру - *циклон*. Середній рівень опадів у день становив 1,03 мм - *циклон*.

Циклональний місяць.

- *Циклональні місяці:* січень, лютий, травень, грудень.
- *Антициклональні місяці:* березень, червень, липень, серпень, жовтень.
- *Змішані місяці:* квітень, вересень, листопад.

Аналіз метеорологічних даних за 2019 рік показує, що рік характеризувався чіткою сезонною зміною між циклонами та антициклонами.

- *Зима:*

Січень, лютий та грудень були циклональними місяцями, що підтверджується низьким атмосферним тиском, високою хмарністю, інтенсивними опадами та сильними вітрами.

- *Весна:*

Березень був антициклональним, що сприяло накопиченню забруднень у приземному шарі повітря, особливо у транспортно-навантажених районах.

Квітень характеризувався змішаними процесами, що означало нестабільність у розсіюванні забруднюючих речовин.

Травень – циклональний місяць, з рясними опадами та посиленими вітрами. У цей період забруднення, що накопичилося у попередні місяці, активно розсіювалося.

- *Літо:*

Усі літні місяці (червень, липень, серпень) були антициклональними, що означало високий тиск, мінімальні опади, слабку циркуляцію повітря. У цей період спостерігалось накопичення забруднюючих речовин у міському повітрі. Особливо небезпечними були фотохімічні процеси, які сприяли утворенню смогу та підвищенню рівня озону у приземному шарі атмосфери.

Спекотна погода та відсутність опадів створювали умови для концентрації викидів автотранспорту, що негативно позначалося на якості повітря.

- *Осінь:*

Вересень і листопад – змішані місяці, що свідчить про коливання між антициклоном та циклоном. Викиди автотранспорту могли періодично накопичуватися, а потім розсіюватися під дією погодних факторів.

Жовтень – антициклональний місяць. Це створювало умови для накопичення забруднень, особливо у безвітряні дні.

Напрямок вітру у 2019 році (рис. 2.27, рис. 2.28).

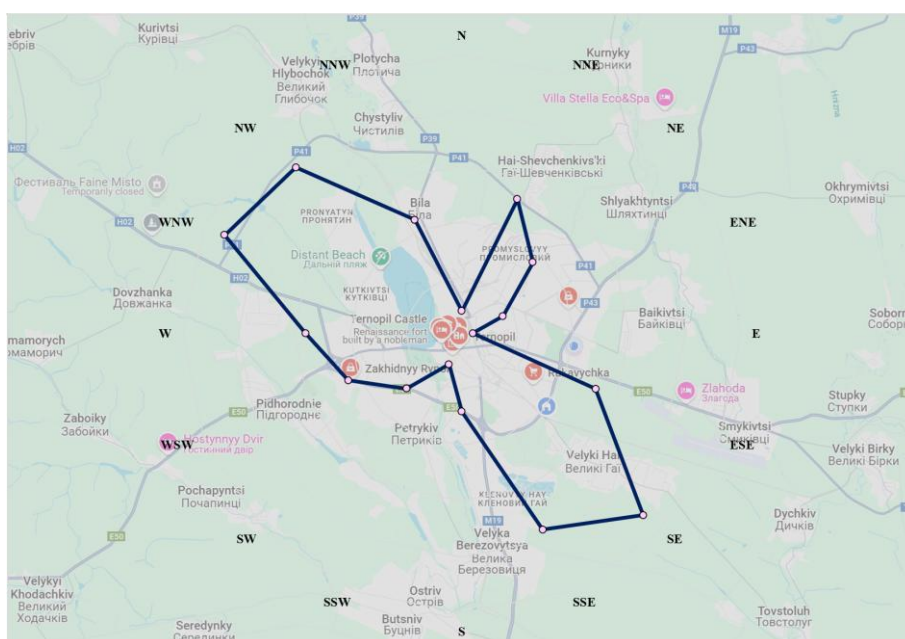


Рис. 2.27 Розподіл напрямку вітру за 16-и румбами (за період від січня до червня 2019-о року)

- Перше півріччя 2019-о року: основними напрямками вітру були західно-північно-західний (WNW) - 23 випадки та північно-західний (NW) 21 випадок. Майже аналогічними за кількістю були: південно-східний (SE – 23 випадки) та південно-південно-східний (SSE – 19 випадків).

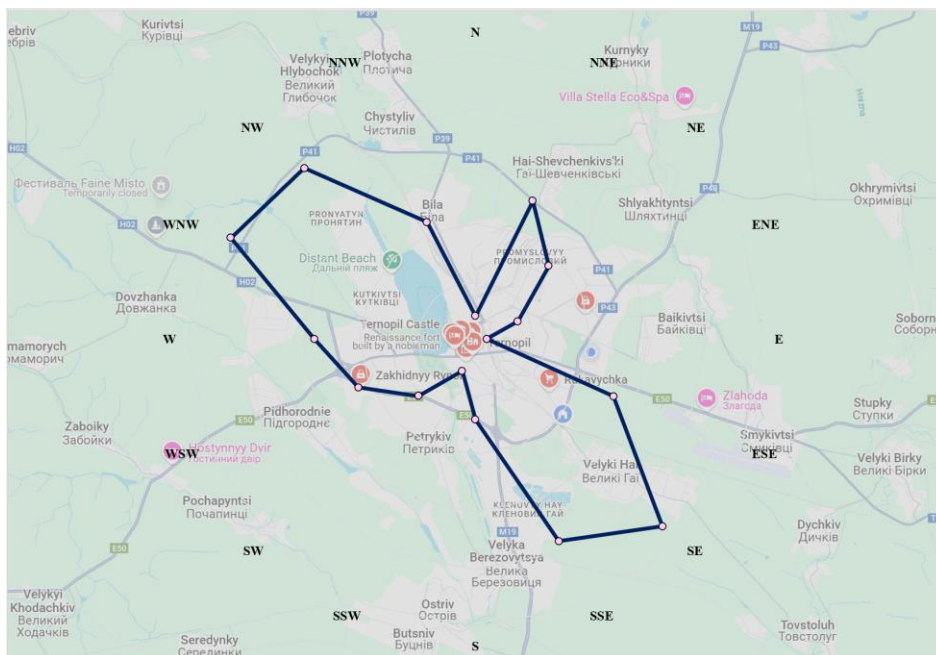


Рис. 2.28 Розподіл напрямку вітру за 16-и румбами (за період від липня до грудня 2019-о року)

- Друге півріччя 2019-о року: переважають південно-східні вітри (SE – 30 випадків), південно-південно-східні вітри (SSE) – 24 випадки. Північно-західний (NW) напрямок – 24 випадки, західний (W) напрямок – 23 випадки.

2021

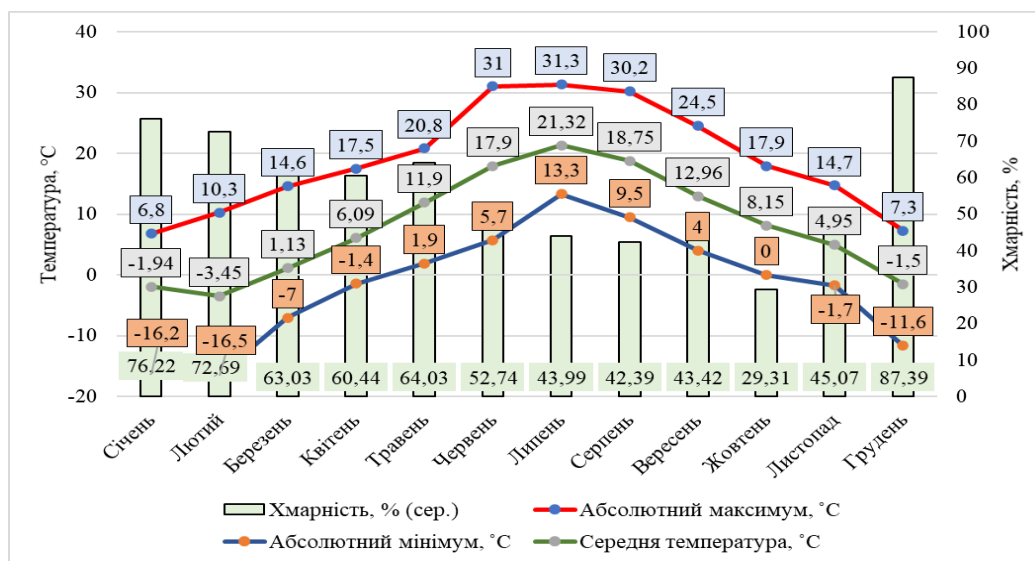


Рис. 2.29 Температурні показники, °C та хмарність, % в м. Тернопіль, 2021

р. [176]

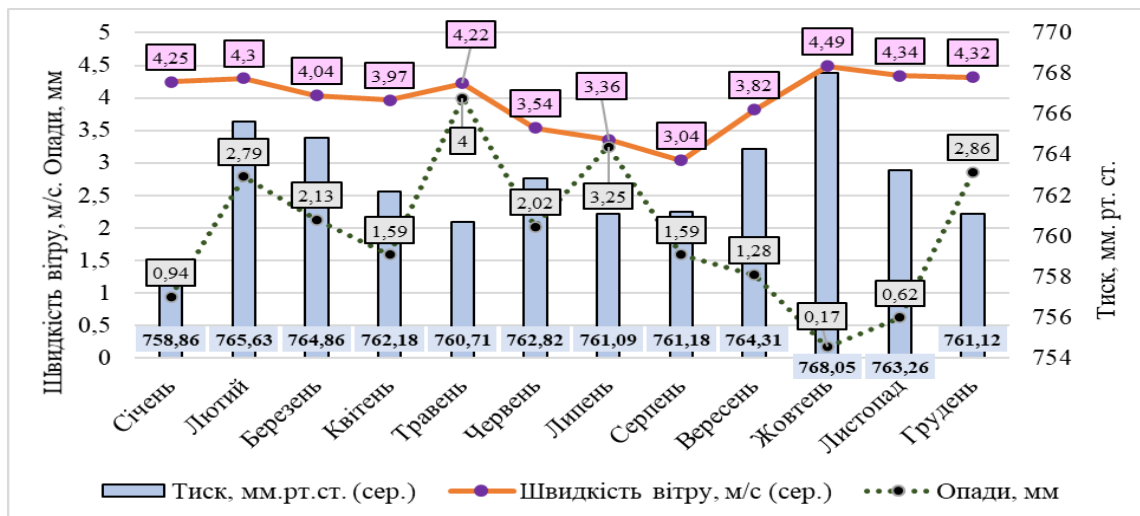


Рис. 2.30 Швидкість вітру, м/с. Тиск, мм.рт.ст. та опади, мм. в м. Тернопіль, 2021 р. [176]

- Циклональні місяці: січень, квітень, травень, грудень.
- Антициклональні місяці: червень, липень, серпень, листопад.
- Змішані місяці: лютий, березень.

Напрямок вітру у 2021 році (рис. 2.31, рис. 2.32).

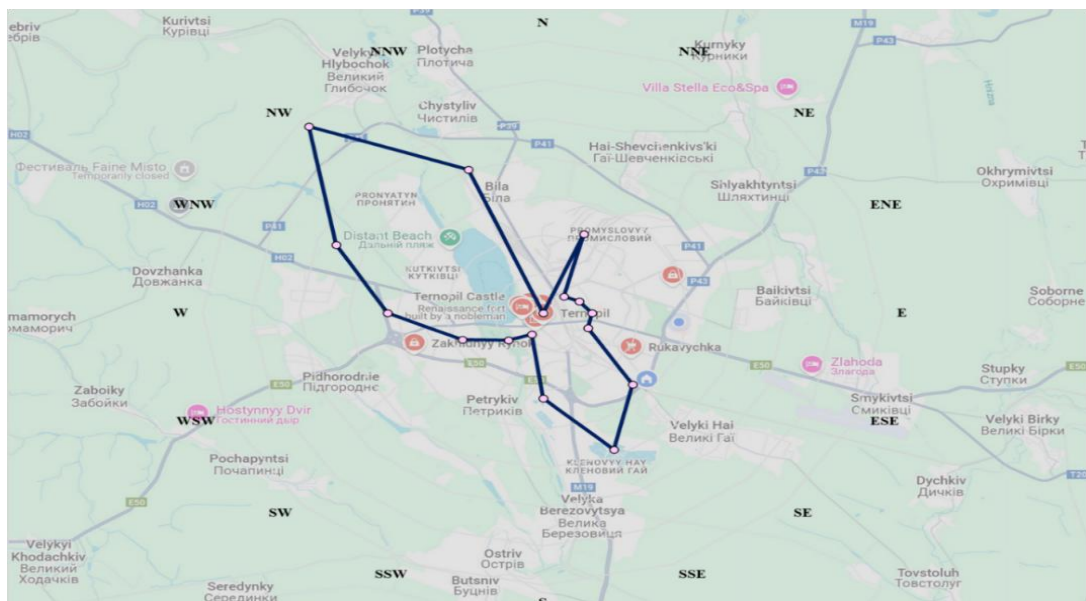


Рис. 2.31 Розподіл напрямку вітру за 16-и румбами (за період від січня до червня 2021 року)

- *Перше півріччя 2021 року:* Найбільше випадків зафіксовано у північно-західному (NW – 34), західно-північно-західному (WNW - 23), північно-північно-західному (NNW - 20) та південно-південно-східному (SSE – 19).

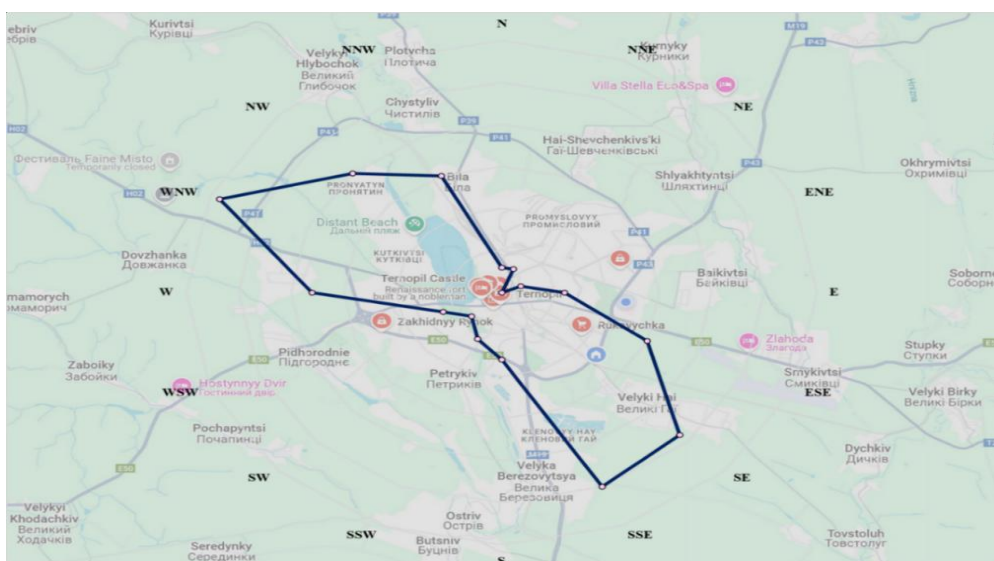


Рис. 2.32 Розподіл напрямку вітру за 16-и румбами (за період від липня до грудня 2021 року)

- *Друге півріччя 2021 року:* Основними напрямками вітру були західно-північно-західний (WNW – 29), північно-західний (NW – 20), південно-південно-східний (SSE – 25) та південно-східний (SE – 24).

2023

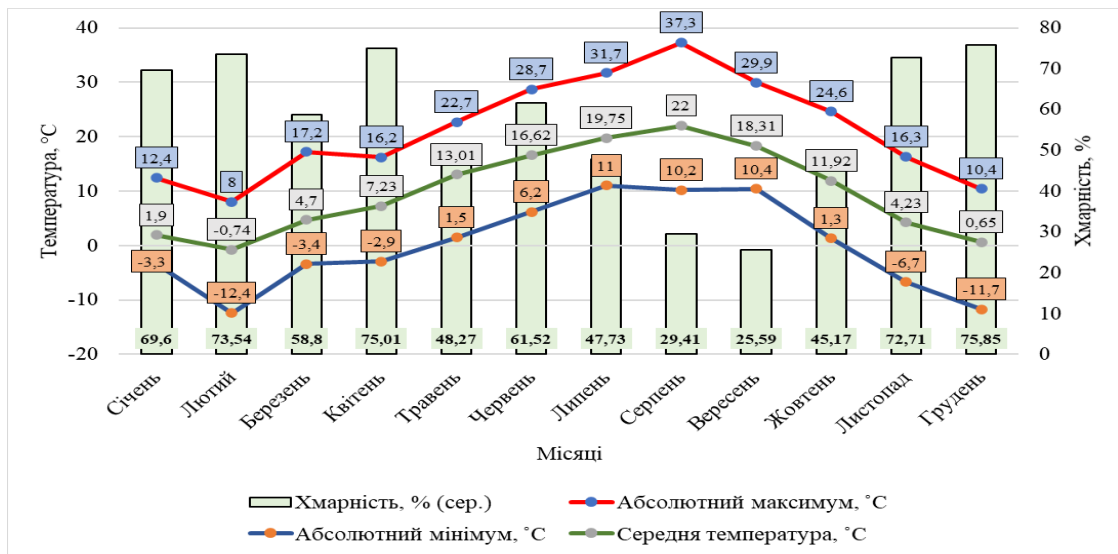


Рис. 2.33 Температурні показники, °C та хмарність, % в м. Тернопіль, 2023 р. [176]

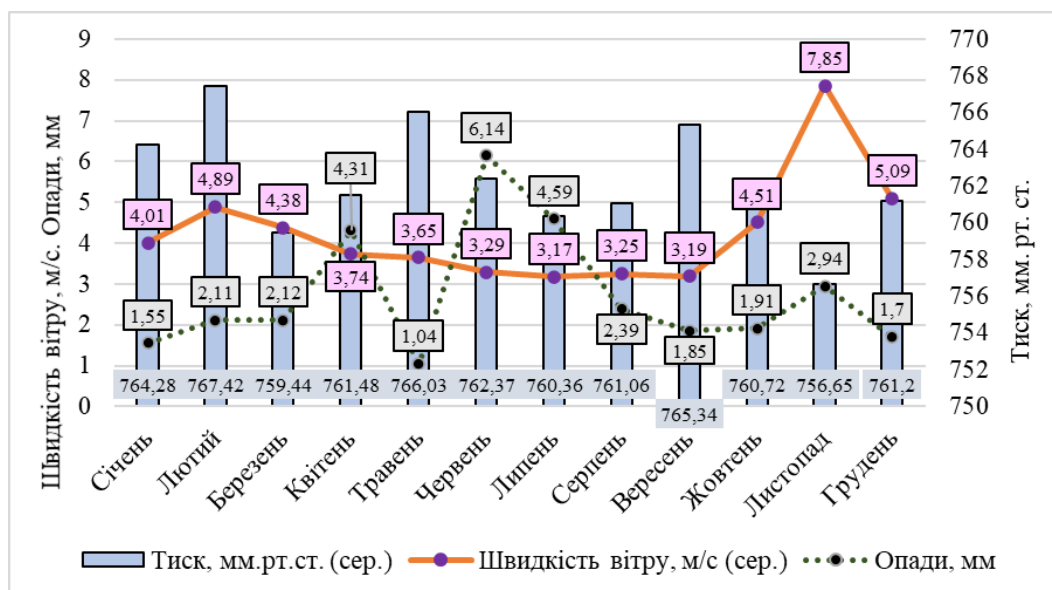


Рис. 2.34 Швидкість вітру, м/с. Тиск, мм.рт.ст. та опади, мм. в м. Тернопіль, 2023 р. [176]

- Циклональні місяці: січень, лютий, березень, листопад, грудень.
- Антициклональні місяці: травень, липень, серпень, вересень.
- Змішані місяці: квітень, червень, жовтень.

Напрямок вітру у 2023 році відображено на рисунках 2.35 та 2.36.



Рис. 2.35 Розподіл напрямку вітру за 16-и румбами (за період від січня до червня 2023 року) [176]

- Перше півріччя: Основними напрямками були північно-західний західний (W – 23), (NW – 18) та південно-східно-південний (ESE – 23).

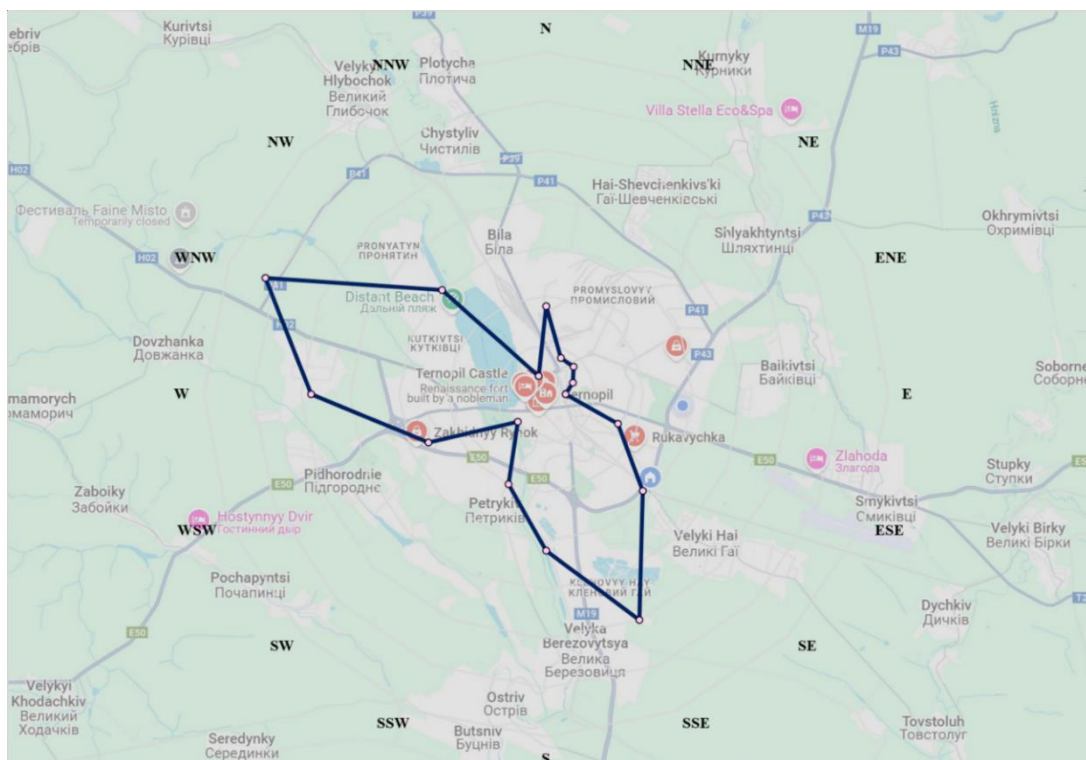


Рис. 2.36 Розподіл напрямку вітру за 16-и румбами (за період від липня до грудня 2023 року) [176]

- Друге півріччя: Спостерігається значне збільшення частоти західно-північно-західних (WNW – 31) вітрів. Також основними напрямками були західні (W – 24) та південні (S – 25) напрямки.

Забруднення прилеглих територій, переважаючими напрямками вітру

1. При переважаючих S, SSE, SE вітрах.

Забруднюючі речовини переносилися у північно-західному напрямку від Тернополя. Це включає населені пункти: Біла, Пронятин, Кутківці та частково Довжанка.

Природні зони та лісові масиви у північно-західному напрямку, такі як парк Загребелля, можуть частково фільтрувати забруднення.

2. При вітрах W, WNW, NW.

Забруднюючі речовини переносилися у південно-східному напрямку від Тернополя:

На територію населених пунктів Байківці, Смиківці, Великі гаї.

Висновки до другого розділу

Географічне розташування Тернополя на межі вододілів Балтійського та Чорного морів визначає нестабільність кліматичних умов міста. Спостерігаються часті температурні коливання та нерівномірний розподіл опадів, що призводить до підтоплень у низинних районах. Клімат міста помірно-континентальний: зими м'які, літо тепле, а найбільша кількість опадів випадає влітку. Вітровий режим має сезонні зміни: взимку домінують північно-західні вітри, влітку – південно-східні.

Транспортна інфраструктура Тернополя представлена європейськими автошляхами (E50, E85, E372) та внутрішніми дорогами державного значення (рис. 2.3). Відсутність транзитного коридору змушує транспортні потоки проходити через центральні міські магістралі, що збільшує навантаження на дорожню мережу та рівень забруднення повітря. Основним джерелом забруднення залишається автотранспорт (72% від загальної кількості викидів). Моніторинг якості повітря свідчить про збільшення концентрації формальдегіду, пилу та діоксиду азоту, що становить екологічну загрозу. Також, окрім транспортного забруднення, екологічний стан Тернополя погіршується через скорочення зелених зон. З 2010 по 2020 роки площа парків у місті зменшилася на 25 га, що призвело до зниження рівня озеленення з 30% до менше ніж 20%. Це посилює екологічні ризики та негативно впливає на якість життя мешканців.

Аналіз міського бюджету за період з 2018 по 2021 роки (рис. 2.16) виявив диспропорцію у фінансуванні ключових сфер. Основні витрати спрямовані на освіту та житлово-комунальне господарство, тоді як фінансування екологічних програм і транспортної інфраструктури залишається недостатнім.

Для досягнення сталого розвитку міста рекомендується [33, 149]:

1. Визначити чіткі пріоритети у фінансуванні, спираючись на аналіз потреб громади;
2. Підвищити прозорість розподілу коштів та залучити громадськість до формування бюджету;
3. Розробити довгострокову стратегію міського розвитку, яка оптимізує витрати;
4. Впровадити систему моніторингу та оцінки ефективності використання бюджетних ресурсів;
5. Ефективне бюджетне планування дозволить місту розв'язати ключові проблеми урбоекосистеми та забезпечити збалансований розвиток.

Детальний аналіз погодних умов за 2019, 2021 і 2023 роки свідчить про стабільну циклічність атмосферних процесів. Узимку та навесні циклональні періоди сприяли очищенню атмосфери, зменшуючи рівень забруднення повітря, тоді як літні антициклональні періоди призводили до його накопичення, особливо у зонах інтенсивного руху транспорту. Осінь залишалася нестабільною, з чергуванням циклонами та антициклонами.

Переважаючі напрямки вітрів:

1. 2019 рік

- Перше півріччя. Січень - червень (рис. 2.25): SE – 23 випадки; SSE – 19 випадків; WNW – 23 випадки; NW – 21 випадок.
- Друге півріччя. Липень - грудень (рис. 2.26): SE – 30 випадків; SSE – 24 випадки; NW – 24 випадки; W – 23 випадки.

2. 2021

- Перше півріччя. Січень - червень (рис. 2.29): NW – 34 випадки; WNW – 23 випадки; NNW – 20 випадків; SSE – 19 випадків.
- Друге півріччя. Липень - грудень (рис. 2.30): WNW – 29 випадків; NW – 20 випадків; SE – 24 випадки.

3. 2023

- Перше півріччя. Січень - червень (рис. 2.33): W – 23 випадки; NW – 18 випадків; ESE – 23 випадки.
- Друге півріччя. Липень - грудень (рис. 2.34): WNW – 31; W – 24; S – 25.

Для досліджуваних років спостерігається переважання північно-західного (W, WNW, NW, NNW) та південно-східного (S, SE, SSE) напрямків вітру.

Таким чином, урбоекосистема Тернополя перебуває під впливом транспортного навантаження, кліматичних змін та скорочення зелених насаджень. Нерівномірний розподіл опадів та підтоплення низинних районів становлять екологічні ризики. Для забезпечення сталого розвитку міста необхідний комплексний підхід, що включає [52]:

1. Покращення транспортної логістики;
2. Впровадження екологічних ініціатив;
3. Збалансоване фінансове планування;
4. Збереження зелених зон;
5. Вдосконалення системи моніторингу стану повітря.

Реалізація цих заходів дозволить створити комфортне та безпечне міське середовище, зменшити екологічні ризики та підвищити якість життя мешканців Тернополя. Краще попередити виникнення глобальних проблем, ніж намагатися їх вирішити, коли вони накопичаться та набудуть критичного стану [152].

РОЗДІЛ 3

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПРОСТОРОВА СТРУКТУРА ТРАНСПОРТНОЇ ПІДСИСТЕМИ

3.1 Просторова модель впливу автотранспорту за проїзними шляхами міста

З Розділу 2.1 нам відомо, що у Тернополі найбільша кількість забруднень атмосфери спричинена пересувними джерелами. У даному розділі ми детальніше розглянемо забруднення спровоковані автотранспортом. Проведемо детальне порівняння за усіма існуючими даними стосовно громадського транспорту у місті Тернопіль (табл. 3.1):

Таблиця 3.1

Динаміка змін основних показників громадського транспорту міста Тернопіль 2000 – 2019 р.р. [98, 115, 129]

Рік:	Пасажиро- кілометри (млн. пас. км., усього):	Кількість перевезених осіб (млн. осіб):	Середня відстань перевезення пасажирів (км):	Вартість проїзду у громадському транспорті:
2000	285,2	54,9	$(10,5 * 0,35) + (2,3 * 0,64) = 3,675 + 1,47 = 5,14$	50 копійок
2005	339	62,5	$(7,8 * 0,57) + (2,3 * 0,75) = 4,44 + 1,72 = 6,1$	70 копійок
2010	373,9	63,1	$(7,5 * 0,7) + (2,3 * 0,297) = 5,25 + 0,68 = 5,93$	2 гривні
2012	-	-	-	2 гривні
2013	-	-	-	2 гривні 50 копійок
2014	333,1	49,7	$(9,3 * 0,625) + (2,3 * 0,372) = 5,812 + 0,855 = 6,667$	2 гривні 50 копійок
2015	318,4	52,4	$(9,6 * 0,513) + (2,3 * 0,48) = 4,92 + 1,104 = 6,02$	3 гривні
2018	282	39,3	$(10,7 * 0,569) + (2,5 * 0,43) = 6,3772 + 1,075 = 7,4522$	5 гривень
2019	324,3	40,2	$(11,1 * 0,644) + (2,5 * 0,355) = 7,148 + 0,8875 = 8,035$	7 гривень

Зміну кількості пасажиро-кілометрів, кількості перевезених осіб (млн. осіб), середню відстань перевезення одного пасажирів та вартість проїзду у маршрутних таксі міста 2000 – 2020, відображено на рис. 3.1, рис. 3.2, рис. 3.3.



Рис. 3.1 Кількість пасажиро-кілометрів та перевезених пасажирів 2000 - 2020 р.р.



Рис. 3.2 Середня відстань перевезення одного пасажирів, 2000 – 2020 р.р., км



Рис. 3.3 Вартість проїзду у маршрутних таксі, 2000 – 2019 р.р., коп. [98, 129, 146]

1. 2000 – 2005 р.р.:

Ціна на проїзд у транспорті загального користування зросла на 40% (рис. 3.3). Не зважаючи на цей фактор, пасажиро-кілометри, кількість перевезених пасажирів (рис. 3.1) та середнє число кілометрів для одного пасажирів теж підвищилися (рис. 3.2).

У цей період спостерігалось пожвавлення соціально-економічної активності населення, а для середньостатистичного мешканця Тернополя ще не було доступним власне авто [2, 80].

До 2005-о року по місту курсували буси Peugeot Karsan J9. Кількість сидячих місць сягала лише 14. Це означає, що для перевезення великої кількості пасажирів потрібно було більше рейсів, що додавало сумарні пасажиро-кілометри (більше поїздок — вищий показник). Навіть якщо тариф зростав, а парк залишався маломістким — транспортний обіг і загальні кілометри пасажироперевезень зростали. Ці маршрутні транспортні засоби вже давно вивели з експлуатації в Європі, оскільки вони відпрацювали дозволений термін. Після цього їх придбали для використання в Тернополі. Це значно впливало на загальний рівень викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел.

Формально у 2002-у році в Україні ввели стандарти Євро-2 (додаток А). Тут він передбачав лише наявність каталізатора та не мав вимог до будови автомобіля загалом. На практиці, впровадження не було дотримано. По місту продовжували курсувати застарілі маршрутки.

На практиці ж присутні автомобілі, далекі від введеного стандарту. Якщо у держав, що входять в ОЕСР, середня величина палива у 2005 році становила 8л / 100км, сьогодні на наших дорогах можна спостерігати автівки із витратою 14л / 100км.

2. 2005 – 2010 р.р.:

Вартість проїзду зросла на 185% (рис. 3.3). Незважаючи на це, показники пасажиро-кілометрів продовжували зростати (рис. 3.1). Кількість перевезених пасажирів також демонструвала незначне, але стабільне збільшення (рис. 3.1). Середня відстань перевезення одного пасажирів дещо скоротилася (рис. 3.2).

Одним із основних чинників змін стало оновлення міського автопарку. З'явилися нові перевізники і більш місткі маршрутки фірми «Богдан» із 32 сидячими місцями, що дозволило зменшити кількість рейсів і водночас збільшити обсяг перевезень.

В умовах зростання пасажиромісткості транспорту, появи нових перевізників і збільшення кількості рейсів на популярні маршрути, мешканці частіше користувалися транспортом для поїздок у межах міста, адже нова маршрутна мережа стала зручнішою [29]. У Тернополі активно розбудовували нові житлові райони та відкривали торгові центри, що збільшувало активність населення.

Також повпливали психологічний і побутовий фактор. В дощ, мороз, спеку чи з важкими сумками, навіть на короткі поїздки люди часто обирають громадський транспорт, якщо він їде.

Це призвело до скорочення середньої відстані однієї поїздки.

Не зважаючи на зростання кількості приватних авто по усій країні. Їх абсолютна кількість у Тернополі в середині 2000-х усе ще була недостатньою для масової

відмови від громадського транспорту. Тому попри подорожчання проїзду, мешканці продовжували активно користуватися транспортом, оскільки альтернатив у вигляді приватного автомобіля у більшості не було.

Отже, навіть при зростанні ціни на проїзд, вартість залишалася все одно порівняно доступною для більшості, особливо якщо врахувати відсутність масового приватного автотранспорту. У багатьох містах просто не було альтернатив — а маршрути стали щільнішими і зручнішими завдяки новій схемі.

Збільшення пасажиромісткості та придбання нових маршрутних таксі дозволяло певною мірою зменшувати навантаження на транспортну систему та стримувати зростання викидів, хоча загальна екологічна ситуація залишалася напруженою через масову експлуатацію застарілого транспорту і збільшення транспортних потоків.

3. 2010 – 2015 р.р.:

У цей період транспортна система Тернополя зазнала суттєвих змін. Підвищення вартості проїзду на 50% (рис. 3.3) та масштабна реорганізація маршрутної мережі суттєво вплинули на обсяги перевезень. Згідно з даними звіту “Тернопіль у цифрах 2021р. [115]” у 2010 році було зафіксовано пік показника пасажиро-кілометрів (рис. 3.4). До 2015-о року кількість пасажиро-кілометрів скоротилася на 14,84% (рис. 3.4), а кількість перевезених пасажирів — на 16,96% (рис. 3.1). Водночас середня відстань поїздки дещо зросла — на 1,52% (рис. 3.2), що свідчить про зміну транспортної поведінки містян.



Рис. 3.4 Динаміка зміни кількості пасажиро-кілометрів 2000 – 2021 р.р.

Відбулося масштабне оновлення маршрутної мережі [130], яке розпочалося 11 червня 2010 року. Спершу реорганізація торкнулася електротранспорту, а згодом і маршрутних таксі [29].

Старі транспортні засоби замінили на більш місткі моделі, зокрема було впроваджено нові маршрутні таксі марки «Богдан» з 48-ми сидячими місцями [131]. Це дозволило перевозити більшу кількість пасажирів, використовуючи менше одиниць транспорту.

Перед впровадженням змін мережі, мешканцям надали можливість долучитися до обговорення і запропонувати власні варіанти оптимізації [123]. У розробці нової схеми брали участь представники міської влади, науковці технічного університету та експерти Львівської політехніки [130]. Детальна інформація щодо змін та ліквідації маршрутів міститься у джерелі [130].

Оновлення сприяло розвантаженню найбільш загрузених ділянок, зокрема зупинок на вулицях Богдана Хмельницького (біля залізничного вокзалу), Живова (центральный ринок) та Руській (від техуніверситету до універмагу) [92]. Також громадський транспорт охопив нові житлові масиви та бізнес-центри. У 2013 році громадський транспорт міста знову зазнав значної модернізації [131].

Незважаючи на позитивні зміни, пасажиро-кілометри зменшилися. На зниження їхнього рівня значно вплинуло зростання приватного автопарку. З 2008 року, Україна вперше вийшла на обсяг продажу (понад 600 тисяч) нових і вживаних

авто на рік, що стало історичним максимумом [2]. Тернополяни поступово отримали доступ до власного транспорту, що в свою чергу сприяло зниженню пасажиро-кілометрів громадського транспорту.

4. 2015 – 2020 р.р.:

До 2018-о року показник пасажиро-кілометрів зменшувався, проте залишався вище позначки 300 мільйонів (рис. 3.4). У 2018 році мешканці Тернополя свідомо почали відмовлятися від користування маршрутками [29].

02 січня 2018 того ж року вартість проїзду зросла на 1 гривню, а також було запроваджено електронну систему оплати. Жителі міста отримали можливість придбати “Картку Тернополянина”, що дозволило більш точно обліковувати пасажирів, зокрема пільговиків. Для власників картки тариф залишався незмінним, тоді як при оплаті електронним квитком проїзд коштував 5 гривень у маршрутках і 4 гривні у тролейбусах. У разі готівкового розрахунку вартість зростала до 7 і 6 гривень відповідно (рис. 3.3).

10 лютого 2018 року водії маршруток розпочали страйк, після чого багато з них почали масово звільнятися. За інформацією видання «20 хвилин», ціна проїзду в Тернополі досягла рівня тарифів у Києві, що було найвищим показником в Україні. Водночас Тернопіль залишався містом з одними із *найнижчих зарплат у країні*. Згідно з даними Держкомстату, середня заробітна плата в області за січень-листопад 2018 року становила 5 437 грн., тоді як у Києві — 10 870 грн. [146].

01 листопада 2018 року ціни знову зросли майже вдвічі. У маршрутках - 9 гривень, у тролейбусах 8 гривень (рис. 3.3). Однак навіть після підвищення тарифів оновлення транспортного парку не відбулося. Відтак у місті набули популярності ініціативи «Пішки на роботу» та «Підвезу», що спонукало частину містян шукати альтернативні способи пересування. Після значного невдоволення підвищення цін скасували, проте на короткий термін.

Зниження кількості пасажиро-кілометрів у 2018 році до рівня нижче 300 мільйонів було безпосередньо пов’язане зі станом громадського транспорту та

зростанням вартості проїзду. Як наслідок збільшилася кількість приватних автомобілів, оскільки користування громадським транспортом ставало все менш вигідним.

Літом цього ж року запровадили безоплатний проїзд для власників студентської/учнівської «карти Тернополянина» на період навчання [30]. Ця пільга поширювалася на тролейбуси та комунальні автобуси. Як результат, у 2019-у році відмічено підняття кількості пасажиро-кілометрів до попереднього рівня.

Ситуація, щодо тарифів на проїзд, залишалася напруженою. Впродовж року серед тернополян тривало невдоволення щодо вартості проїзду. Для тих, хто не мав «Файної картки», згідно з рішенням міської ради, вартість проїзду в автобусах та тролейбусах становила 7 та 6 гривень відповідно.

Верховний Суд визнав ці тарифи незаконними, однак міська рада відмовилася їх переглядати, аргументуючи це рішенням Тернопільського окружного адміністративного суду, який визнав зміну тарифів законною.

У 2020-у році показник кількості пасажиро-кілометрів знизився до 208 млн (рис. 3.4). Це нижчий рівень, ніж у 2000-у році. Таке падіння показника є наслідком пандемії Covid-19. 18 березня 2020 року було введено обмеження, згідно з яким у маршрутках могло перебувати не більше 10 осіб.

21 березня громадський транспорт повністю припинив перевезення звичайних мешканців міста, і лише працівники критичної інфраструктури мали право ним користуватися. Маршрутки курсували за чітким графіком, але з великими інтервалами між рейсами. Завдяки громадській ініціативі «підвези медика» вдалося частково компенсувати нестачу транспорту, оскільки маршрутні таксі не забезпечували достатньої кількості рейсів. 11 травня 2020 року почали поступово відновлювати роботу заклади загального користування і з 14 травня працівникам цих закладів також дозволили користуватися громадським транспортом. 22 травня 2018 року доступ до міського транспорту було повністю відкрито для всіх мешканців. Пасажиропотік почав відновлюватися, а 2 червня частково оновили транспортну мережу міста.

5. 2020 – 2023 р.р.:

У 2021 році спостерігається відновлення показників пасажиро-кілометрів до рівня попередніх років (рис. 3.4). Вже у 2022 році показник зріс на 57,4%, що перевищило всі попередні значення. У 2023 році тенденція збереглася і показник збільшився ще на 13,3%.

Доступ до точних статистичних даних із офіційних джерел обмежений із 2021 року. З початком повномасштабної війни РФ проти України державні органи припинили публікацію цієї інформації у відкритому доступі. Очікується, що дані будуть оприлюднені лише після завершення бойових дій. Статистична інформація за 2021 рік також залишається закритою.

3.2 Характеристика транспортних навантажень. Обсяги та структура викидів транспорту. Розподіл навантаження за періодами доби

Розглянемо динаміку зміни рівня викидів 2000 – 2015 р.р. (табл. 2.3, рис. 2.5, рис. 3.5, рис. 3.6).

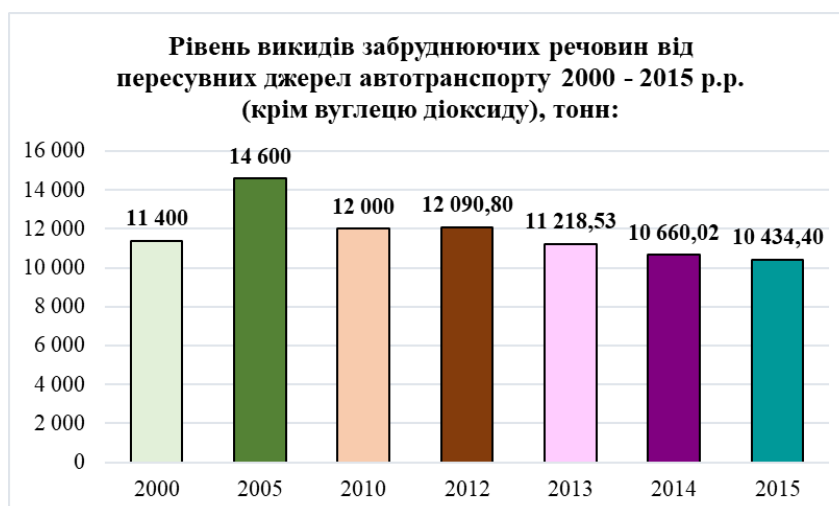


Рис. 3.5 Рівень викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел автотранспорту 2000 – 2015 р.р. (крім вуглецю діоксиду), тонн [14, 15]

Для кращого розуміння змін впродовж 15-и років розглянемо відсоткову різницю між періодами та динаміку змін з інтервалом у 5 років (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Різниця між періодами, з інтервалом у 5 років, % [14, 15]

Відсоткова різниця між рівнями викидів кожні 5 років, від 2000 р. (крім вуглецю діоксиду)	
Рік:	Зміна у відсотках:
2000 - 2005	+28,07%
2005 - 2010	-17,81%
2010 - 2015	-13,05%

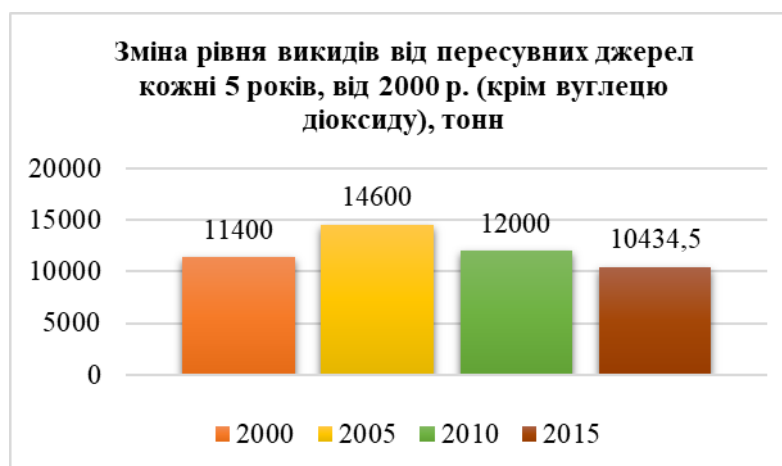


Рис. 3.6 Динаміка зміни рівня викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел з інтервалами у 5 років (крім вуглецю діоксиду), тонн [14, 15]

1. 2000 – 2005 р.р.:

З 2000 до 2005 року ми спостерігаємо зростання викидів від автотранспорту.

Формально у 2002-у році в Україні ввели стандарти Євро-2. Це не було повним запровадженням стандарту. Закон вимагав лише наявності каталізатора у транспортному засобі, якщо транспорт перший раз зареєстровано на території України. Пристрій гарантував, що рівень відпрацьованих газів не буде виходити за встановлені межі. Внаслідок застосування стандарту знизився ліміт на викиди оксиду вуглецю, а також понизилася комбінована межа для незгорілих вуглеводнів

та оксидів [114]. Таке впровадження не дало бажаних змін. У Європі повноцінний стандарт Євро-2 було застосовано ще у 1996-у році.

Крім недотримання вимог, на зростання викидів значно вплинуло зростання автопарку по усій країні. Після кризи 1990-х, в 2000 - і роки в Україну активно імпортувалися старі машини з Європи. Вони не відповідали екологічним стандартам. Бензин тих років також був невідповідним. За якістю він був нижче рівня стандарту Євро 1 [82].

Норми та дати запровадження стандартів можна переглянути у додатку А [19, 82, 103, 114].

2. 2005 – 2010 р.р.:

Після 2005 року рівень викидів почав знижуватися (рис. 3.5, рис. 3.6, табл. 3.2, табл. 3.3). З 1 січня 2006 року впроваджено повноцінний стандарт Євро-2. Повністю заборонено ввезення транспортних засобів, конструкція яких не відповідає стандарту Євро-2 [19]. Окрім законодавчих змін, на зниження рівня викидів вплинули соціально-економічні фактори. Після «Помаранчевої революції» 2004 року економіка країни почала стабілізуватися, однак у 2007–2009 роках світова фінансова криза досягла свого піку. Це призвело до того, що багато громадян були змушені рідше користуватися автомобілями через фінансові труднощі.

3. 2010 – 2015 р.р.:

Обсяг викидів діоксиду вуглецю зменшувався у період 2012–2015 р.р. (рис. 3.7):

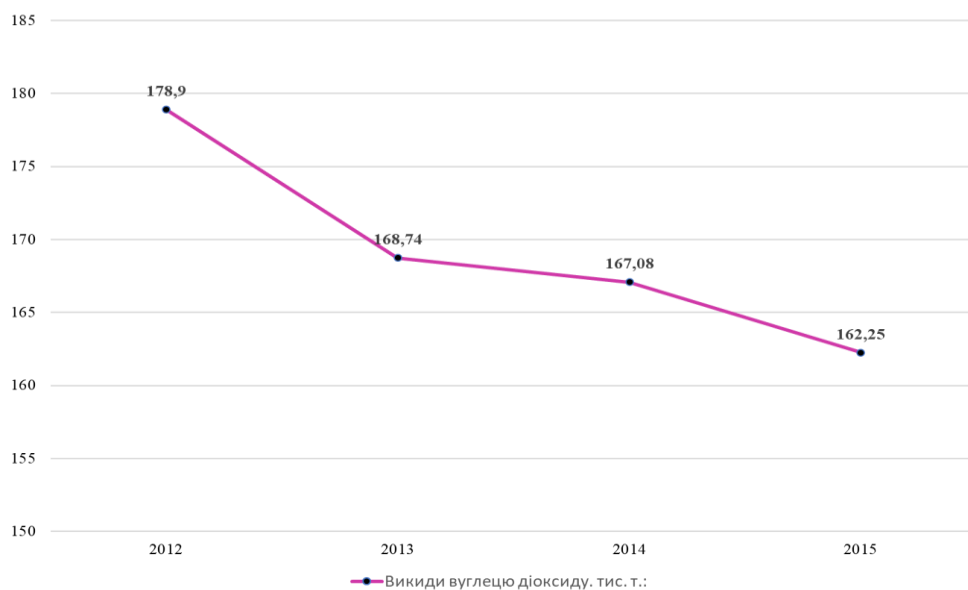


Рис. 3.7 Викиди діоксиду вуглецю в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення по м. Тернопіль у 2012 – 2015 р.р., тис. т. [3, 14, 15]

Структуру викидів у 2012 та 2015 роках відображено нижче (рис. 3.8):

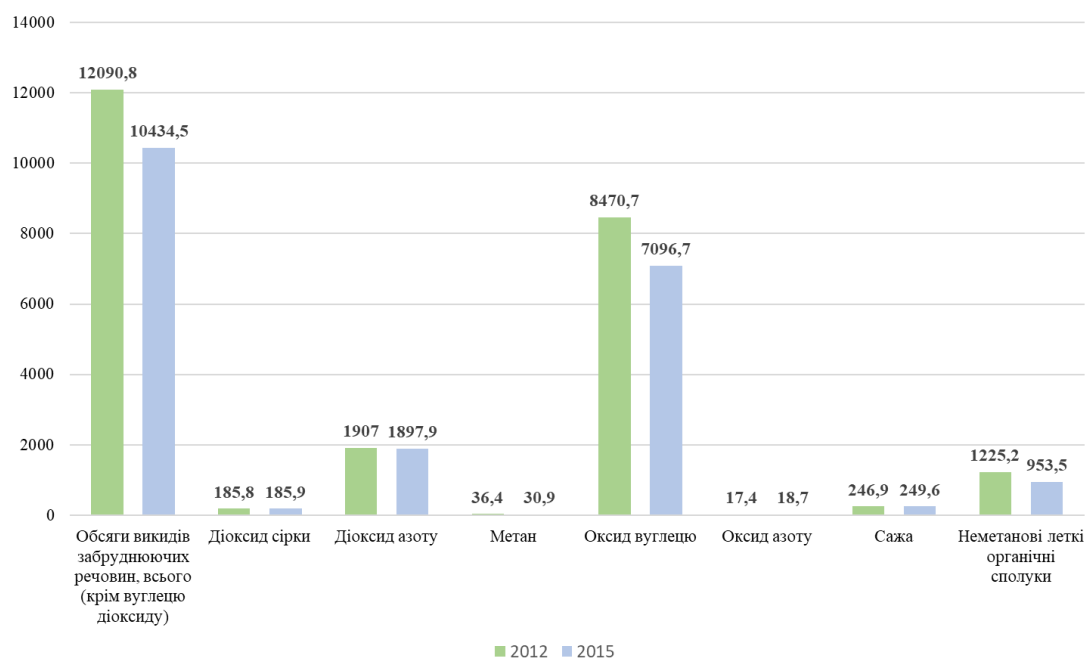


Рис. 3.8 Обсяги викидів забруднюючих речовин та парникових газів від усіх видів транспортних засобів і виробничої техніки за видами забруднюючих речовин по м. Тернопіль у 2012 р., 2015 р., тонн. [3]

Окрім змін у маршрутній мережі, 1 січня 2012 року в Україні було запроваджено екологічний стандарт Євро-3 (у Європі він діяв ще з 2000 року) [95, 102]. Автопарк поступово оновлювався. Усі машини, які завозили в Україну останніми роками мали відповідати щонайменше, Євро-2. Вже з 2014 року – Євро-4 (у Європі з 2005 року) [19, 127].

Загалом, до 2015 року рівень викидів зменшився на 13,05% (табл. 2.3, рис. 2.5, табл 3.2, рис. 3.5, рис. 3.6).

На жаль, проблема нестачі статистичних даних щодо викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел у місті Тернопіль досі залишається невирішеною. Офіційна інформація з цього питання доступна лише до 2015 року, що значно ускладнює моніторинг змін рівня забруднення повітря та впровадження необхідних заходів для його зниження. У своїй попередній роботі [109] та у Розділі 1.2 детально розглянуто можливість автоматизації збору та обробки даних щодо кількості автотранспорту в місті. Це також дозволяє автоматично визначати рівень забруднення, спричиненого викидами пересувних джерел.

Завдяки власним спостереженням вдалося зібрати дані щодо завантаження вулиць міста автотранспортом (рис. 3.9, рис. 3.11).

У період з 2019 по 2023 роки спостерігалось стрімке зростання інтенсивності руху автотранспорту. Якщо у 2019 році середня кількість транспортних засобів за добу становила 27,6 тис., вже у 2021 вона зросла до 45,8 тис., а у 2023 — до 65,4 тис. одиниць. Це свідчить про збільшення навантаження більш ніж у 2,3 рази за досліджуваний період (додаток Г), (рис. 3.9).

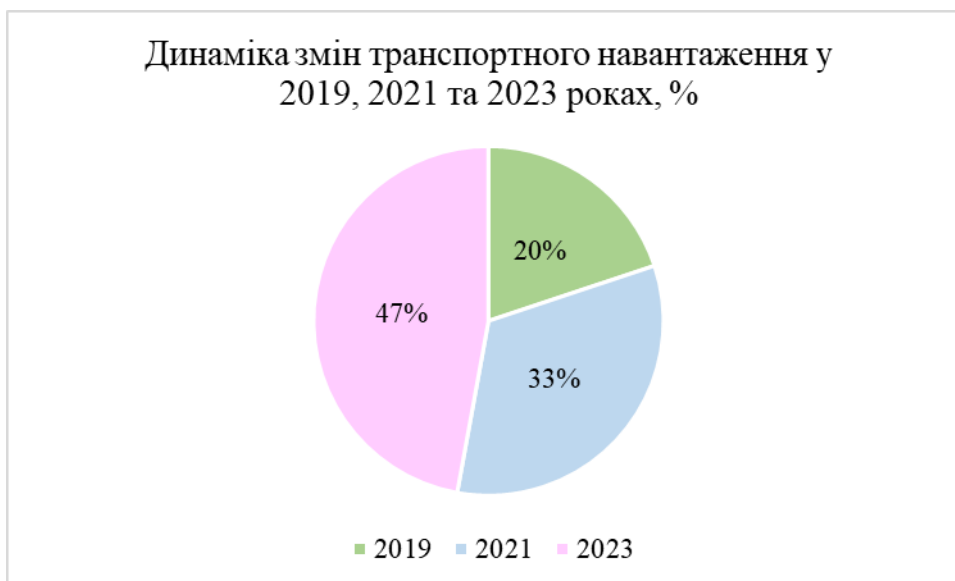


Рис. 3.9 Динаміка змін транспортного навантаження у 2019, 2021 та 2023 роках, %

Зокрема, з 2019 до 2021 року кількість одиниць автотранспорту на вулицях міста зросла на 65,93% (додаток Г), (рис. 3.9).

Для визначення ситуації сьогодення було проведено підрахунок середньої кількості одиниць автотранспорту за добу на дев'яти контрольних ділянках, розташованими центральними вулицями міста. Протяжність ділянки становить 100 метрів (рис. 3.10), (див. Розділ 1.2).

Перелік контрольних точок спостереження (рис. 3.10):

1. Перехрестя вулиця Руська - вулиця Старий Поділ (Нижче церкви воздвиження Чесного Хреста ПЦУ).
2. Вулиця Руська, 6 (Школа-ліцей №6 ім. Н. Яремчука).
3. Перехрестя. Вулиця Руська - вулиця Замкова (в сторону Кооперативного торговельно - економічного коледжа).
4. Перехрестя вулиця Руська, 20 - вул. Патріарха Мстислава (після зеленої церкви, в сторону "східного" масиву).
5. Перехрестя вулиця Руська - вулиця Коперника. (Євроринок).
6. Перехрестя. Проспект Степана Бандери - вулиця Слівенська - вулиця Коновальця (Обнова).

7. Проспект С.Бандери, 96 (Після перехрестя «Обнова» в сторону Збаразького кільця).
8. Проспект С.Бандери, 96 (зупинка зі сторони парку поруч Збаразького кільця).
9. Вул. Протасевича 2 – 4 (від Збаразького кільця в сторону вул. Л. Українки).

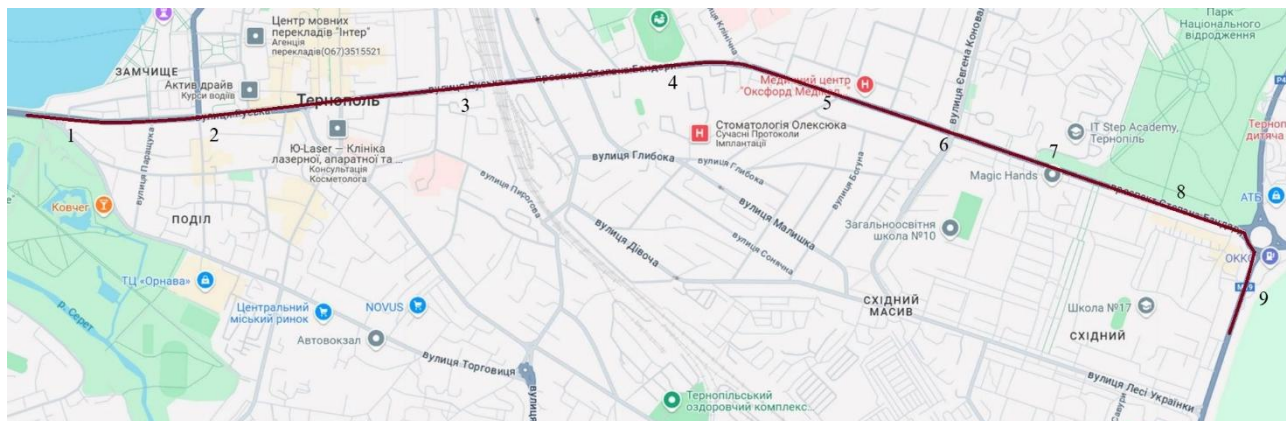


Рис. 3.10 Маршрут, розташування контрольних ділянок, за якими здійснено спостереження (2019 р. – 2023 р.)

Збір даних здійснювався у часові проміжки 09:00–09:20, 16:00–16:20, 21:00–21:20. Частково у 2019 р. та повністю у 2023 році показники фіксувалися шляхом польових спостережень із застосуванням методу кількісного обліку транспортних засобів (див. Розділ 1.2). У 2019 році (частково) та впродовж 2021 року спостереження здійснювалися із залученням міських веб-камер, а розпізнавання транспортних засобів виконували з використанням згорткової нейронної мережі.

На основі отриманих показників знайдено середнє значення навантаження на ділянку впродовж 2019, 2021 та 2023 років спостережень (рис. 3.11, рис. 3.12, рис. 3.15).

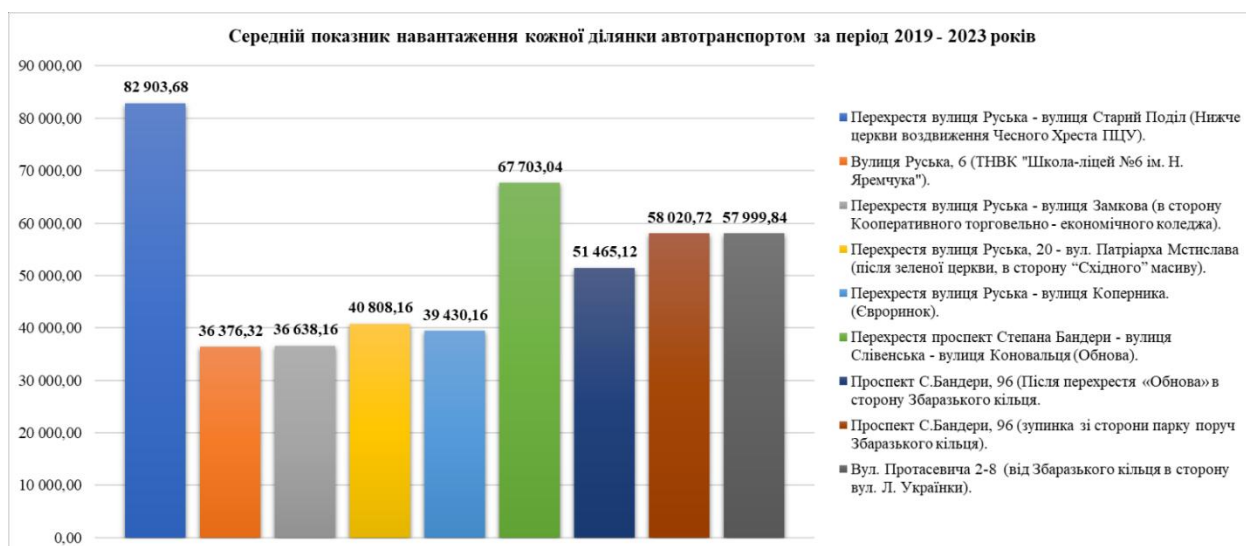


Рис. 3.11 Усереднений показник завантаження автотранспортом за добу кожної ділянки окремо (2019 р. - 2023 р.)

Найбільш завантаженими ділянками, опираючись на середній показник за усі роки, є Ділянки №1 та №6. Середній показник спостерігається на Ділянках №7, 8, 9. Найменш завантаженими є Ділянки №2 - №5 (рис. 3.11, рис. 3.12, рис. 3.15).



Рис. 3.12 Розподіл ділянок за рівнем транспортного навантаження, %

Для визначення рівня концентрації оксиду вуглецю (CO) на кожній контрольній групі ділянок використовували формулу Бегма в модифікації Шаповалова [67, 109] (Розділ 1.2).

Для заповнення необхідних даних використовують спеціальні таблиці з відповідними коефіцієнтами (див. таблиці 1.4–1.10).

Для кращого розуміння як приклад наведено розрахунки і опис ділянки №1, 2019 року.

Детальні розрахунки концентрації CO, таблиці з характеристиками ділянок та діаграми складу автотранспорту у долях одиниці можна переглянути у додатку Д.

2019 р.:

1. Ділянка №1. Перехрестя. Вулиця Руська - вулиця Старий Поділ (Нижче церкви воздвиження Чесного Хреста ПЦУ):

Таблиця 3.3

Визначення концентрації CO для ділянки № 1

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	4	4,09	77,46	Регульоване зі світлофорами, звичайне	1 981,98



Рис. 3.13 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №1, %

$$K_t = 0,86 * 1 + 0,009 * 0,2 + 0,03 * 2,9 + 0,04 * 2,3 + 0,04 * 3,7 = 0,86 + 0,0018 + 0,087 + 0,092 + 0,148 = \mathbf{1,188}$$

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 * 1\,981,98 * 1,188) * 0,6 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 24,04 * 0,6 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = \mathbf{38,34}$$

Ця ділянка відзначалася транспортним навантаженням **1 981,98** одиниць транспорту за годину, що є найвищим показником серед усіх ділянок.

Концентрація СО сягнула **38,34 мг/м³**, що перевищує ГДК у **7,66** разів.

На цій ділянці ми спостерігаємо найвище навантаження, за кількістю автотранспорту. При цьому концентрація СО не є високою для такої кількості автомобілів. Так як по одній стороні дороги розташований став, відповідно отримуємо хорошу провітрюваність території.

2019 р.:

2. Ділянки №2 - №5, включно. Середній показник інтенсивності руху:

- Інтенсивність руху автотранспорту на годину - **996,84**.
- Концентрація СО - **31,18** що перевищує ГДК в **6,23** рази.

3. Ділянка №6. Перехрестя. Проспект Степана Бандери - вулиця Слівенська - вулиця Коновальця (Обнова):

- Інтенсивність руху автотранспорту на годину - **1 655,88** одиниць.
- Концентрація СО - **52,26** що перевищує ГДК в **10,45** разів.

4. Ділянки №7 та №8. Середній показник інтенсивності руху:

- Інтенсивність руху автотранспорту на годину - **733,44** одиниці.
- Концентрація СО - **7,09** що перевищує ГДК в **1,41** рази.

5. Ділянка №9. Вул. Протасевича 2 - 4 (від Збаразького кільця в сторону вул. Л. Українки):

- Інтенсивність руху автотранспорту на годину - **1 254,96** одиниць.
- Концентрація СО - **20,321** що перевищує ГДК в **4,0** рази.

2021 р.:

1. Ділянка №1. Перехрестя. Вулиця Руська - вулиця Старий Поділ (Нижче церкви воздвиження Чесного Хреста ПЦУ):

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **3 831**.
- Концентрація СО - **83,21** що перевищує ГДК в **16,64** разів;

2. Ділянки №2 - №5, включно. Середній показник інтенсивності руху:

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **1 381,06**.
- Концентрація СО - **41,7** що перевищує ГДК в **8,34** рази.

3. Ділянка №6. Перехрестя. Проспект Степана Бандери - вулиця Слівенська - вулиця Коновальця (Обнова):

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **2 852,01**.
- Концентрація СО - **87,96** що перевищує ГДК в **17,59** разів.

4. Ділянки №7 та №8. Середній показник інтенсивності руху:

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **2 742,07**.
- Концентрація СО - **46,97** що перевищує ГДК в **9,39** разів.

5. Ділянка №9. Вул. Протасевича 2 - 4 (від Збаразького кільця в сторону вул. Л. Українки):

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **2 541**.
- Концентрація СО - **40,54** що перевищує ГДК в **8,1** разів.

2023 р.:

1. Ділянка №1. Перехрестя. Вулиця Руська - вулиця Старий Поділ (Нижче церкви воздвиження Чесного Хреста ПЦУ):

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **4 549,98**.
- Концентрація СО - **81,81** що перевищує ГДК в **16,36** разів.

2. Ділянки №2 - №5, включно. Середній показник інтенсивності руху:

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **2 411,24**.
- Концентрація СО - **87,12** що перевищує ГДК в **17,42** рази.

3. Ділянка №6. Перехрестя. Проспект Степана Бандери - вулиця Слівенська - вулиця Коновальця (Обнова):

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **3 954,99**.
- Концентрація СО - **131,90** що перевищує ГДК в **26,38** разів.

4. Ділянки №7 та №8. Середній показник інтенсивності руху:

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **3 367,35**.
- Концентрація СО - **30,06** що перевищує ГДК в **6,01** разів.

5. Ділянка №9. Вул. Протасевича 2 - 4 (від Збаразького кільця в сторону вул. Л. Українки):

- Інтенсивність руху автомобілів за годину - **3 454,02**.
- Концентрація СО - **54,88** що перевищує ГДК в **10,97** разів.

Після проведення розрахунків, щодо концентрації СО для усіх ділянок за досліджувані роки здійснимо порівняння середнього показника для 2019, 2021 та 2023 років (рис. 3.14).

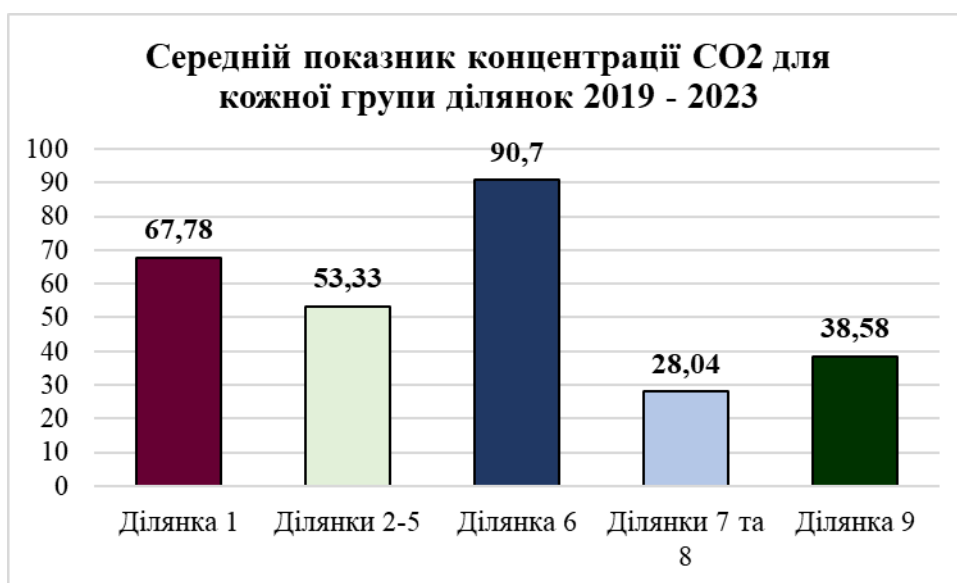


Рис. 3.14 Середній показник концентрації СО для кожної групи ділянок за досліджуваний період 2019, 2021 та 2023 р.р., мг/м³

Аналіз показників концентрації СО на досліджуваних ділянках (рис. 3.14, рис. 3.16) засвідчив, що найгірша екологічна ситуація сформувалася на ділянці №6. Концентрація вуглецю сягнула 90,7 мг/м³, що в 18,14 разів перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК = 5,0 мг/м³). Такий результат зумовлений сукупністю двох чинників: значною кількістю автотранспорту та несприятливою для розсіювання викидів забудовою з обох боків вулиці [83]. На відміну від інших ділянок із подібним трафіком, тут відсутній вихід до відкритих просторів або зелених зон, що забезпечувало б додаткову вентиляцію [125].

Для наочності нижче подано дві картосхеми: перша відображає розподіл транспортного навантаження на контрольних ділянках (рис. 3.15), друга — концентрацію чадного газу на цих ділянках (рис. 3.16).

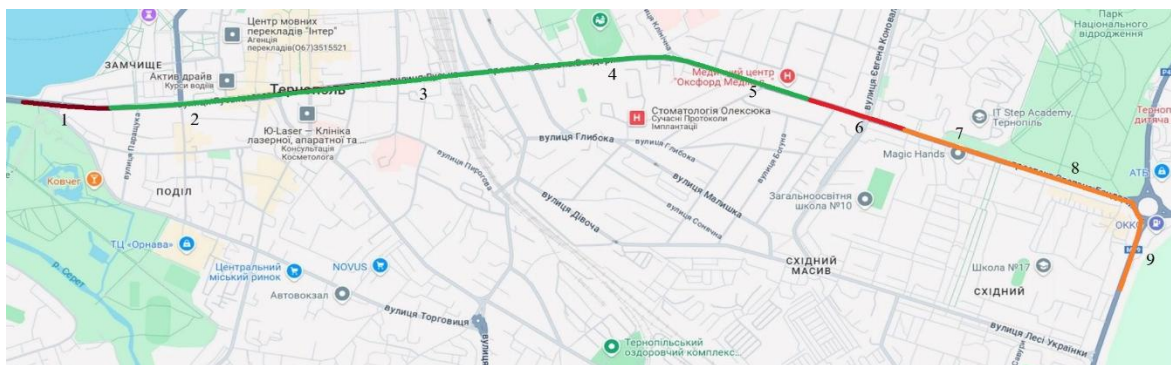


Рис. 3.15 Картосхема розташування контрольних ділянок із диференціацією за рівнем транспортного навантаження (од./добу) в місті Тернополі

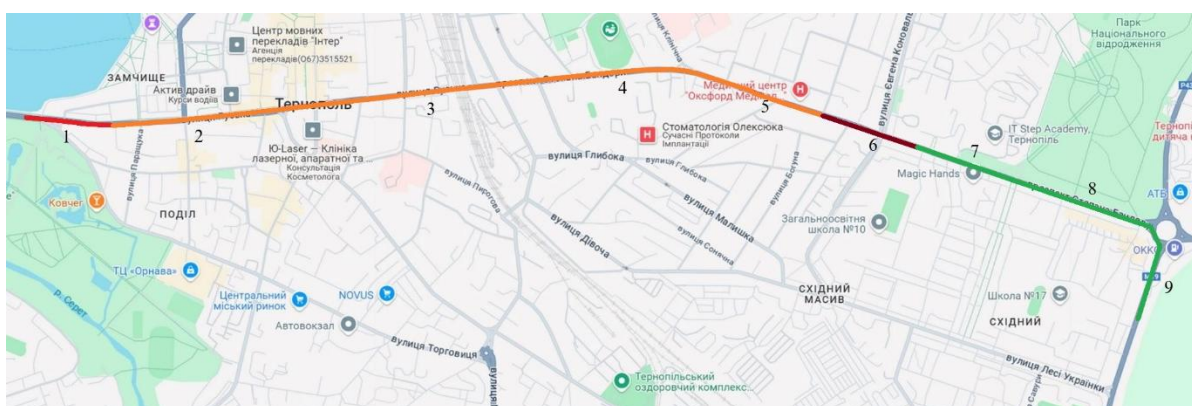


Рис. 3.16 Картосхема розташування контрольних ділянок у місті Тернополі із диференціацією за концентрацією оксиду вуглецю (CO) за кольоровою шкалою

Порівняння показників транспортного навантаження та концентрації оксиду вуглецю на контрольованих ділянках дозволяє виявити важливі закономірності. За кількістю одиниць автотранспорту, що проходять через ділянки, найбільш завантаженими впродовж досліджуваного періоду є Ділянки №1 та №6. Середній рівень навантаження спостерігається на Ділянках №7, 8 та 9, а найменш завантаженими залишаються Ділянки №2, 3, 4 та 5 (рис. 3.11, рис. 3.12, рис. 3.15).

Натомість за рівнем концентрації СО ситуація дещо інша. Найвищі значення забруднення зафіксовано на Ділянці №6 та Ділянці №1, тоді як середні показники характерні для Ділянок №2, 3, 4 та 5. Найнижча концентрація СО встановлена на Ділянках №7, 8 та 9 (рис. 3.14, рис. 3.16).

Порівняння зазначених картосхем (рис. 3.15, рис. 3.16) наочно демонструє, що рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю не завжди є прямо пропорційним до інтенсивності руху транспорту.

Вирішальним чинником формування атмосферного середовища в транспортних вузлах є ступінь аерації території — наявність відкритих просторів, зелених зон, водойм та характер забудови, який або сприяє розсіюванню забруднювачів, або, навпаки, перешкоджає цьому [100]. Таким чином, результати дослідження однозначно засвідчують, що екологічна оцінка стану міських транспортних вузлів повинна базуватися не лише на аналізі інтенсивності руху, а й на обов'язковому врахуванні містобудівних та аераційних характеристик конкретної території.

Окрім автотранспорту, важливим джерелом викидів забруднювачів у періоди ракетних атак РФ по об'єктах критичної інфраструктури України стали автономні електрогенератори. Після масових пошкоджень електромереж, у багатьох районах міста для забезпечення роботи підприємств використовувалися бензинові та дизельні генератори (Розділ 1.1).

Наприклад, у центральній частині міста за графіком відключень електроенергії генератор працював в середньому 4 години на добу, що за тиждень давало такі витрати пального (формула 1.1):

$$\text{Витрата бензину за тиждень} = 1,7 \text{ л} \times 28 \text{ годин} / 1000 = 0,0476 \text{ т/тиждень}$$

Для дизельних генераторів розрахунок здійснюється за аналогічним принципом, однак стандартна витрата становить 0,2 л/кВт, тобто для 3-кіловатного пристрою це 0,6 л на годину.

Через велику кількість малих підприємств у місті Тернопіль, генератори істотно погіршували якість атмосферного повітря та створювали значний рівень шумового забруднення. Для прикладу можна розглянути вулицю Валову, довжина якої становить лише 170 м, а ширина — 3,3 метри. На цій невеликій ділянці розміщено 12 генераторів. При цьому на другому поверсі будівель розташовані квартири, що призводило до погіршення умов проживання мешканців та створення додаткового акустичного навантаження.

Таким чином, робота генераторів у періоди аварійного знеструмлення суттєво впливала на якість повітря в окремих локаціях міста, особливо в умовах щільної забудови та обмеженої вентиляції. Це додатково підкреслює актуальність впровадження заходів для зменшення викидів, таких як розширення зелених зон, оптимізація руху транспорту та перехід на екологічні джерела енергії.

3.3 Асиміляція викидів зеленими насадженнями

Зелені зони в містах виконують багатофункціональне призначення, що охоплює кліматичні, соціальні та господарські аспекти. Їх екологічне значення проявляється у трьох ключових напрямках:

1. Кліматичний регулятор: пом'якшення кліматичних змін, формування сприятливого мікроклімату та зниження ефекту міського теплового острова.
2. Природний фільтр: очищення та регулювання водостоку, зниження концентрації забруднень у повітрі, поглинання шумових хвиль.
3. Екологічний стабілізатор: збереження біорізноманіття, рекультивація деградованих територій.

Рациональне планування зелених зон дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення, оптимізувати антропогенний вплив на міські екосистеми та створювати збалансовану систему розміщення зелених об'єктів [53].

Ущільнення забудови

Як відомо з Розділу 2.1, площа парків міста Тернополя постійно зменшується. Це пов'язано із поступовою забудовою рекреаційних зон.

10 лютого 2024 року Тернопільська міська рада оголосила про чергові зміни до генерального плану міста, в яких передбачено коригування структури паркових зон (рис. 3.17, рис. 3.18, додаток Б) [88].

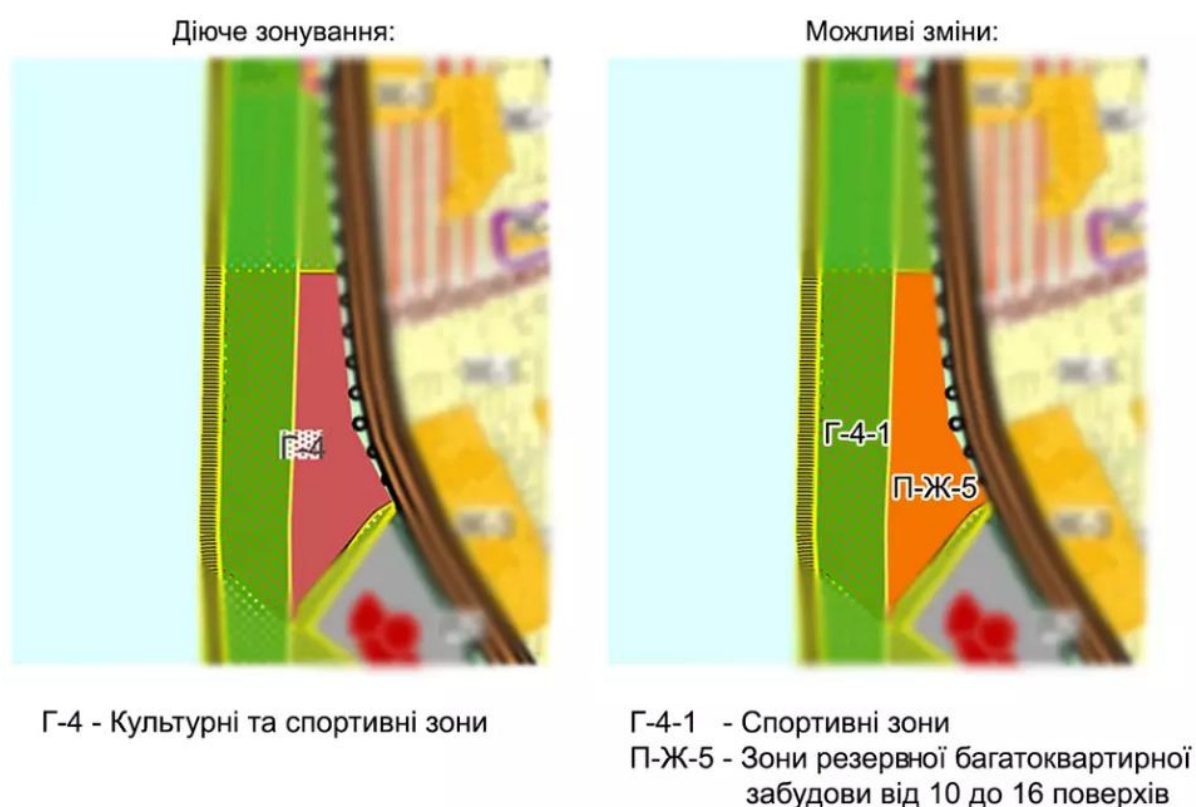


Рис. 3.17 Запропоновані зміни парку імені Тараса Шевченка, станом на 10.02.2024 р.

Частина 1 [88]

Парк ім. Т. Шевченка

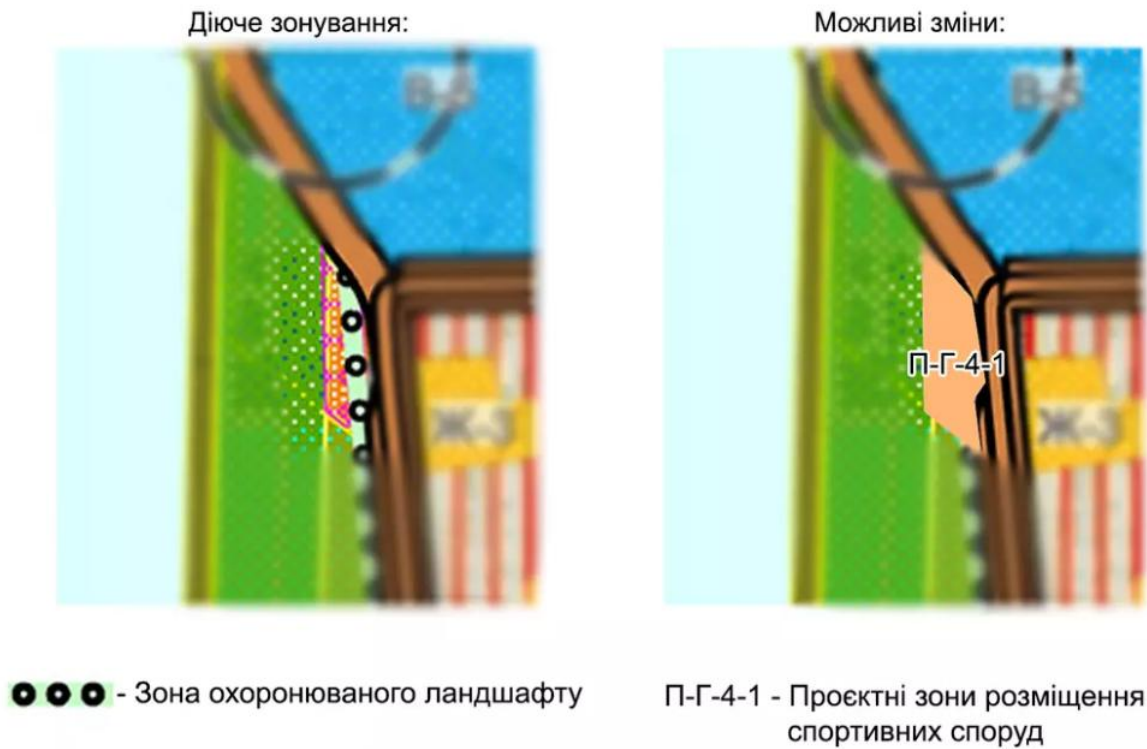


Рис. 3.18 Запропоновані зміни парку імені Тараса Шевченка, станом на 10.02.2024 р. [88]

Також змінено структуру “Старого парку”, Пронятинського лісу, вулиці Максима Кривоноса, вулиці Василя Стуса, проспекту Злуки та вулиць Слівенська - Лесі Українки (додаток Б).

Динаміку змін площі населеного пункту та відсотка озеленення впродовж декількох років відображено у таблиці 3.4 [49].

Таблиця 3.4

Динаміка зміни площі міста та відсотка зелених насаджень [49]

Рік	Площа міста	Площа зелених насаджень	Озеленення
1994	3500 га (за інформацією видання Тернопільської міської ради «Основи екологічний знань»)	1277 га (за інформацією. Видання тернопільської міської рад «Основи екологічних знань»)	36,5 %
2014	5900 га (Екологічний паспорт м. Тернопіль)	1888 га (Концепція комплексного озеленення міста Тернополя)	32 %

2015	5220 га (за даними розробників проєкту схеми озеленення міста Тернополя)	1000 га (за даними розробників проєкту схеми озеленення міста Тернополя)	19 %
2016	5852 га (Інвестиційний паспорт м. Тернополя)	1000 га (-//-)	17 %
2017	7200 га (Вікіпедія)	1000 га (-//-)	14 %

Наведені вище дані свідчать про те, що з 1994 року і до 2017 населений пункт значно збільшив свою площу, однак зменшився відсоток зелених насаджень.

Зростання “зеленої площі” спостерігалось лише до 2014 року, за рахунок приєднання містом нових територій. У подальші роки відбулася інтенсивна забудова.

Розрахунок дефіциту насаджень на особу наведено в Розділі 2.1.

Об`єкти зеленого господарства

Згідно розглянутого документа (додаток до рішення міської ради від 06.12.2019р. №7/41/33, згідно паспорту програми охорони природного навколишнього середовища на 2020 – 2023 р.р.) [85], кількість зелених насаджень на території Тернопільської громади становить 658 га, з яких 70,72 га - це зелені насадження закладів, установ, організацій, а 587 га - це насадження не надані у власність та постійне користування (зелені насадження на землях загального користування). Вказано, що дані потребують уточнення.

Одночасно, згідно даних, отриманих при розробленні Схеми озеленення міста, площа зелених насаджень складає 999,73 га, з яких 577,18 га – орієнтовна площа зелених насаджень загального користування, 418 га – площа зелених насаджень обмеженого користування, без врахування територій озеленення спеціального призначення [85].

Оцінка екологічних функцій рослинності у місті Тернопіль

Зазвичай, 1 га лісу у погожий літній день поглинає 220-275 кг вуглекислого газу та виділяє 180-215 кг кисню [54, с. 173, 56]. За розрахунками Кузика І.Р. лісові масиви в межах лісопаркової частини КЗЗМ Тернопіль за добу в середньому

продукують 71,5 тонн кисню та поглинають близько 90 тонн вуглекислого газу. Загалом ліси КЗЗМ Тернопіль продукують 981,4 т. кисню та поглинають 1225 т. вуглекислого газу [47].

У роботі Кузика І.Р. [47] розглянуто декілька методик, за якими відбувається розрахунок необхідної кількості насаджень для КЗЗМ Тернопіль.

За рекомендаціями ВООЗ необхідно 0,005 га міських зелених насаджень на одну особу та 0,03 га заміських. Для жителів міста Тернопіль необхідно 1 119,5 га насаджень.

Із загальною чисельністю населення 273 тис. у межах КЗЗМ Тернопіль потреба у заміських зелених насадженнях зростає до 8 190 га. Отож, дефіцит зелених насаджень лісгосподарської частини КЗЗМ Тернопіль дорівнює 914 га.

Дослідження науковців США [170], вказує на необхідність 150 м² (0,015 га) для однієї особи. Опираючись на ці дані необхідна кількість зеленої зони для міста становить 3 358,5 га. Ці дані співпадають з дослідженням за методикою Стольберга Ф.В. [118, с. 274], (Розділ 2.1).

У місті Тернопіль, висаджені рослини характеризуються, як напівстійкі до газопилового забруднення [46]. Середня відносна стійкість до газопилових викидів переважаючих деревних насаджень КЗЗМ Тернопіль, становить 96,5 балів (із 200 максимально можливих) [47]. У місті нараховано 14-ть видів дерев. Із них стійкість 8-ми видів нижче 100 балів. 2 види отримали бал - 100 та 4 види дерев отримали бал 170/180. Крім того у місті відбулася заміна тополі (показник стійкості тополі - 180 балів), як алергенного виду.

Також у дисертації Кузика Ігора Романовича [47, с. 119] здійснюється розрахунок балансу кисню урбоєкосистеми міста Тернопіль:

$$П = 0,04П_{\text{в}} - П_{\text{с}} \quad (3.1),$$

де 0,04 – коефіцієнт, який визначає частину відтвореного кисню;

$П_{\text{в}}$ – об'єм відтворення атмосферного кисню на території.

Загальний об'єм відтвореного кисню дорівнює сумі добутоків щорічного виробництва кисню рослинним угрупованням (біопродуктивності) (т/км^2) на їх площу (км^2);

P_c - об'єм спожитого кисню, т/рік.

Фактичне споживання кисню розраховується виходячи з об'ємів викидів забруднюючих речовин стаціонарними та пересувними джерелами забруднення, при чому визначають об'єми тих забруднювачів, які зв'язують атмосферний кисень. Основними з них є оксид вуглецю, оксид азоту, сірчаний ангідрид [95]. У випадку міста Тернопіль формула виглядатиме так:

$$P = 0,04 \times 21\,815 \text{ т} - 6445 = -5\,597,6 \text{ т/рік} \quad (3.2).$$

Встановлено, що баланс кисню на сьогодні є від'ємним. Для отримання бажаного показника даній території необхідно 161 125,5 т. кисню на рік. Такий показник перевищує поточний на 139 310,5 т.

Загальний стан зелених насаджень у Тернополі вимагає покращення. Для підвищення екологічної стійкості міста необхідно розширювати асортимент рослин, використовуючи види з високою стійкістю до викидів відпрацьованих газів.

Висновки до третього розділу

У період з 2000 по 2005 роки, незважаючи на підвищення вартості проїзду, кількість пасажиро-кілометрів зростала завдяки розвитку соціально-економічного життя та обмеженому доступу до приватного транспорту. Застарілі транспортні засоби продовжували негативно впливати на екологічний стан через високі викиди та надмірне споживання пального.

У 2005 – 2010 роках почали оновлювати транспортний парк, зокрема, замінюючи старі маршрутки на більш пасажиромісткі моделі «Богдан». Громадський транспорт залишався основним видом перевезень.

У 2010 – 2015 роках оновлення транспортної мережі включало закупівлю нових маршруток, що дозволило зменшити навантаження на найбільш завантажені ділянки. У 2015 році відбулося зменшення пасажиро-кілометрів на 14,8% порівняно з 2010 роком.

Період з 2015 по 2020 р.р. відзначився нестабільністю пасажирських перевезень, особливо після впровадження високих тарифів і введення електронної системи оплати.

Зниження пасажиропотоків у 2020 році через пандемію Covid-19 стало значним викликом для транспортної мережі. У 2021 – 2023 роках відновлення показників пасажиро-кілометрів стало можливим через міграцію населення під час війни та зростання попиту на перевезення.

Щодо викидів забруднюючих речовин, у період 2000 – 2005 років рівень викидів зріс на 28,07%, зокрема через імпорт автомобілів, що не відповідали стандартам. У наступні роки відбулося поступове зниження викидів завдяки запровадженню екологічних стандартів та оновленню автопарку. Викиди CO₂ знизились на 9,3% у період з 2012 по 2015 р.р. завдяки поліпшенню стандартів для нових автомобілів. Динаміка транспортного навантаження за 2019 – 2023 роки підтверджує зростання кількості автотранспорту, зокрема на найбільш завантажених ділянках. Врахування особливостей міської забудови, таких як парки та відстані між будівлями, виявилось важливим для прогнозування концентрації CO, що зростала на ділянках з високою щільністю забудови.

З огляду на зростаюче транспортне навантаження та використання автономних джерел енергії, контроль і прогнозування стану атмосферного повітря є критично важливим для покращення екологічної ситуації в Тернополі.

Аналіз стану озеленення Тернополя засвідчив суттєвий дефіцит зелених насаджень — їх площа зменшилася з 36,5% у 1994 р. до 14% у 2017р. Наявні 357 га [66] лісових масивів продукують близько 981,4 тонн кисню та поглинають 1225

тонн CO₂ на рік, що лише частково компенсує транспортні викиди [57, 88]. Середній показник стійкості деревних насаджень до забруднення становить лише 96,5 балів з 200 можливих. Це свідчить про обмежену здатність існуючих зелених насаджень виконувати екологічні функції в умовах зростання транспортного навантаження та ущільнення забудови.

РОЗДІЛ 4

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ЕКОЛОГІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

4.1 Заходи регулювання руху транспорту. Архітектурно-планувальні заходи та шумопоглинання

У Розділі 2.1 вже згадано, що по місту проходять європейські автошляхи (рис. 2.3) [119]. Розглянемо їх детальніше:

- Автошлях E50 (М-30). Він є найдовшим автошляхом України та відомий під назвою “Дорога єдності”. Маршрут пролягає територіями України, Словаччини, Чехії, Німеччини та Франції.
- Автошлях E85 (М-19) починається у Клайпеді (Литва), а завершується у Греції. Його довжина становить 2300 км. По Україні такий маршрут прямує через Доманове та далі збігається з шляхом М-19. Проходить через Ковель, Луцьк, Дубно, Кременець, Тернопіль та Чортків. Закінчується автошлях на пропускному пункті “Порубне” (Чернівецька область) на кордоні з Румунією.
- Маршрут E372 (М-09). Починається у Варшаві та закінчується у Львові. В Україні також перетинає шлях М-09 (Тернопіль - Львів - Жовква - Рава-Руська).

У контексті війни, маршрути E50 (М-30) та E85 (М-19) стали менш важливими. Так як вони пролягають через Україну, росію та білорусь. Натомість планується реалізація транснаціонального транспортного коридору “Go highway” (рис. 4.1).

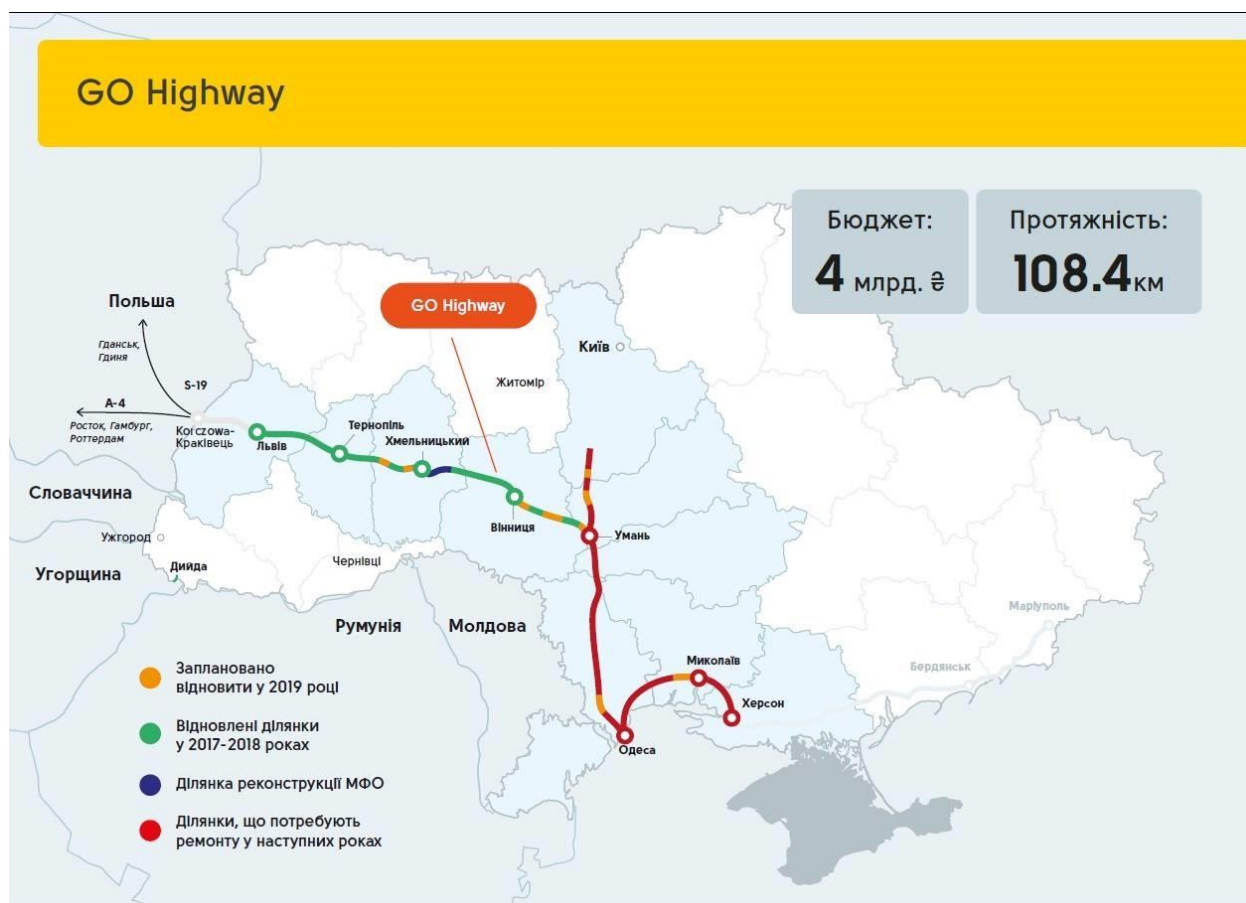


Рис. 4.1 Транснаціональний транспортний коридор Go Highway в межах України [119]

В межах цього коридору планується будівництво нових та покращення існуючих автошляхів для сполучення Миколаєва, Одеси та Гданська. Автобан включатиме у свою структуру дорогу E372 (М-09) (Тернопіль - Львів - Рава-Руська). У Тернополі відбудуватиметься відгалуження магістралі на Івано-Франківськ, Чернівці та Рівне [119].

Вулично-дорожня мережа Тернополя є досить розгалуженою та спроектованою з орієнтацією на автомобільний рух. Транспортна система Тернопільської громади розвивається на основі принципів сталої мобільності. З цією метою було затверджено “План сталої мобільності Тернопільської міської територіальної громади” (рішення від 04.03.2022 р.) [25]. У документі враховано положення Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, а також положення національної транспортної стратегії "DriveUkraine 2030". Основна мета стратегії — модернізувати інфраструктуру міста відповідно до європейських стандартів,

зокрема стимулювати використання екологічно чистого транспорту, покращити транспортну доступність і сформувати ефективну, конкурентоспроможну транспортну систему [172].

Одним із завдань Плану сталої мобільності є реформування системи паркування транспортних засобів. З огляду на інтенсивне зростання кількості автомобілів у місті, виникає потреба в перегляді існуючої мережі паркомісць та створенні нових. Наразі в центральній частині Тернополя функціонують 17 муніципальних майданчиків для паркування (рис. 4.2) [25].



Рис. 4.2 Існуючі муніципальні майданчики для паркування [25]

Попри це, у місті зберігається проблема стихійного паркування. Автомобілі масово залишають на узбіччях, що ускладнює рух громадського транспорту, заважає пішоходам і підвищує ризик аварій. Муніципальні служби не встигають оперативно реагувати на порушення правил паркування. Для розв'язання цієї проблеми доцільно переглянути бюджетні пріоритети (Розділ 2.2), зокрема усунути обмеження, що стримують вирішення транспортних питань.

При в'їзді у Тернопіль, на основних автомобільних дорогах: М-30, Р39, М-19, Р43, Н02, Р41 варто розташувати багатоярусні стоянки.

Важливим пунктом для покращення атмоєкологічної ситуації у місті є популяризація громадського транспорту. Зменшення кількості приватних автомобілів на дорогах безпосередньо впливає на кількість заторів та рівень забруднення повітря.

Для покращення пропускної здатності доцільно:

1. Виділити смуги для автобусів та тролейбусів на найбільш завантажених ділянках.
2. Ввести обмеження руху великовантажного транспорту через центр міста у години пік для зниження трафіку на основних магістралях.
3. Переглянути схеми руху транспорту та розробити альтернативні маршрути для транзитного транспорту.

Для стимулювання використання громадського транспорту варто:

1. Впровадити електронні квитки з динамічними тарифами, знижками та бонусними програмами.
2. Розширити мережу зупинок із сучасною інфраструктурою та комфортними умовами очікування.
3. Оновити наявний парк маршрутних таксі [120].

Тернопільська міська рада сприяє залученню кредиту Європейського банку реконструкції та розвитку під свою гарантію для реалізації "Проекту модернізації громадського тролейбусного транспорту в рамках програми RLF". Станом на листопад 2024 року активно оновлюється парк автобусів малої місткості. Раніше маршрутні таксі марки "Богдан", котрі курсували вулицями налічували 48 сидячих місць. Впродовж 2021 – 2024 років було замінено 83,3% автобусів, зокрема запроваджується великогабаритний, низькопідлоговий транспорт. Недолік малих маршрутних таксі полягає у тому, що для перевезення такої ж кількості пасажирів, як у великогабаритному транспорті, потрібно декілька одиниць техніки. Це призводить до збільшення заторів та провокує більшу кількість викидів. Висока

зношуваність і часті ремонти більшої кількості транспорту також підвищують витрати перевізників. Додатково ускладнює ситуацію те, що старі маршрутні таксі не адаптовані для маломобільних груп населення. Відсутність пандусів, високі сходи та обмежений внутрішній простір створюють серйозні труднощі для літніх людей, батьків із дитячими візками та осіб з інвалідністю.

Аналіз спостережень за інтенсивністю пересувних джерел на вибраних контрольних точках свідчить, що впродовж 2019 – 2023 років найвищий рівень транспортного навантаження зафіксовано на ділянках №1 та №6. Водночас ділянки №7, №8 та №9 демонструють середні показники навантаження (рис. 3.11, рис. 3.12).

У жовтні 2024 року "Міськавтотранс" придбав 8 автобусів, пристосованих для перевезення осіб з обмеженими фізичними можливостями. Окрім цього, передбачено придбання 39 нових низькопідлогових тролейбусів. Нові автобуси мають майже вдвічі більшу пасажиромісткість порівняно зі старими "Богданами" [93]. Також нові маршрутні таксі в більшій мірі відповідають новим екологічним стандартам та створюють менше шуму.

Перевищення норми шумового забруднення може негативно впливати на стан здоров'я мешканців [128]. Найбільшими джерелами акустичного забруднення є магістральні вулиці з високою інтенсивністю транспорту, такі як вулиці Руська, де в години пік виникає значне перевищення гранично допустимих рівнів шуму. Найбільше від шумового забруднення страждають мешканці будинків, розташованих поблизу автомобільних доріг. Науково доведено, що тривалий вплив шуму має серйозні негативні наслідки для здоров'я – від суб'єктивного дискомфорту до органічних уражень слухового апарату, порушень функціонування нервової та серцево-судинної систем [12, 117]. Згідно з дослідженнями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), систематичне перевищення допустимих рівнів шуму провокує хронічний стрес і збільшує ймовірність виникнення кардіологічних патологій. Особливо небезпечним є нічний шум, який викликає порушення сну, що з часом призводить до синдрому хронічної втоми та значного зниження продуктивності [35].

У Тернополі моніторинг шуму проводиться лише за запитом громадян, що обмежує систематичне вивчення проблеми. Програма охорони навколишнього природного середовища Тернопільської міської територіальної громади на 2020 – 2023 роки не передбачала проведення досліджень шуму, хоча це є важливим для оцінки та зменшення негативного впливу акустичного забруднення на здоров'я мешканців [90].

Для боротьби з шумовим забрудненням можна застосувати:

1. Оновлення транспортного парку [128].

Придбання нових автобусів та тролейбусів, як це було зроблено у період з 2021 по 2024 р.р., має великий потенціал для зменшення шумового навантаження на місто. Важливо продовжити оновлення транспортного парку, включаючи використання електричних автобусів, що практично не генерують шум.

2. Зелені насадження як бар'єри шуму.

Зелені насадження також можуть значно допомогти у зменшенні шумового забруднення. Вибір рослин, які краще поглинають звук, може стати важливою складовою боротьби з акустичним дискомфортом. Насадження клена, тополі, липи поглинають від 10 до 20 дБ звукових сигналів. Густих живопліт може зменшити шум від шосе в 10 разів [12].

3. Вертикальне озеленення.

Інноваційним підходом до боротьби з шумовим забрудненням є вертикальне озеленення. Висаджування рослин на фасадах будівель вздовж вулиць створює додатковий рівень шумопоглинання. Зелені стіни та вертикальні сади можуть значно знизити рівень шуму, поглинаючи його на шляху до житлових районів. Це також сприяє покращенню міського мікроклімату та естетичному вигляду міських просторів.

4. Шумозахисні екрани.

Один з ефективних способів зменшення шумового забруднення — це встановлення шумозахисних екранів вздовж магістральних вулиць. Такі екрани допомагають поглинати звук, створюючи бар'єр між транспортними потоками та житловими районами [104].

5. Розумне управління транспортними потоками.

Для зниження інтенсивності шуму також необхідно зосередитись на покращенні управління транспортними потоками. Це можна досягти через впровадження ефективних систем регулювання руху, таких як адаптивні світлофори, що дозволить зменшити пікове навантаження на дороги [27].

Доцільно також переглянути схему руху транспорту в пікові години задля зменшення шумового навантаження в найбільш вразливих зонах.

6. Регулярне проведення досліджень.

Важливо систематично проводити моніторинг шумового забруднення, не лише за запитом громадян, а й на регулярній основі, для виявлення "гарячих точок" і своєчасного реагування. Додатково, варто інформувати громадськість про наслідки шумового забруднення і можливі способи зменшення його впливу на здоров'я.

7. Застосування інноваційних технологій для зниження шуму.

Використання технологій, таких як шумопоглинаючі матеріали для доріг та тротуарів, може суттєво зменшити рівень шуму, що генерується від транспорту. Застосування спеціальних покриттів на дорогах, які поглинають звукові хвилі, є перспективним методом боротьби з шумом.

Оновлення автопарку слід поєднувати з ефективним управлінням транспортними потоками, адже пропускна здатність дорожньої мережі залишається обмеженою.

Тернопіль розташований на перетині двох автомобільних шляхів міжнародного значення E50 (М-30) та E85 (М-19). Це стратегічне розташування значно впливає на транспортну ситуацію в місті [108]. Однією з ключових проблем транспортної інфраструктури залишається змішування внутрішньоміських і транзитних потоків транспорту, що створює перевантаження на головних магістралях та негативно впливає на якість повітря (рис. 2.3) [25].

Вирішення цієї проблеми розглядалося ще у 2017-у році. Йшлося про будівництво нової об'їзної дороги протяжністю 8,5 км, яка мала стати частиною транснаціонального транспортного коридору «Go Highway» та увійти до складу маршруту E50 (М-30) «Дорога Єдності» (рис. 4.3).

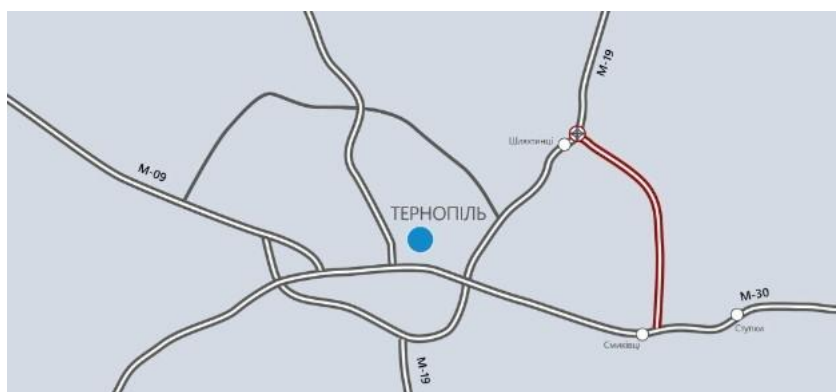


Рис. 4.3 Проект будівництва об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль [73]

Вартість проекту оцінювалася у 20 млн євро, а реалізація передбачала зведення сучасного чотирисмугового автошляху з усією необхідною інфраструктурою.

У 2018 році Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) схвалив кредитну лінію в розмірі 50 млн. Євро для підтримки проектів малої транспортної інфраструктури в Україні. З цієї суми 20 млн євро було спрямовано на будівництво північно-

східного обходу Тернополя — автошляху I категорії з чотирма смугами руху та транспортною розв'язкою на перетині з трасою E85 (М-19) [73].

У 2021 році Міністерство інфраструктури України оголосило міжнародний тендер на реалізацію цього проєкту в рамках програми «Велике будівництво». Тендер проводився за правилами ЄІБ, а підрядника обирали через відкриту міжнародну процедуру.

Незважаючи на це, станом на 2025 рік, фактична реалізація проєкту не відповідає задекларованим планам. На місці запланованої траси наявна лише частково облаштована польова дорога (рис. 4.4). Це свідчить про суттєве відставання від графіку робіт або ж про зупинку проєкту на початковому етапі. Така ситуація актуалізує питання ефективності контролю за використанням бюджетних коштів і прозорості реалізації інфраструктурних ініціатив.

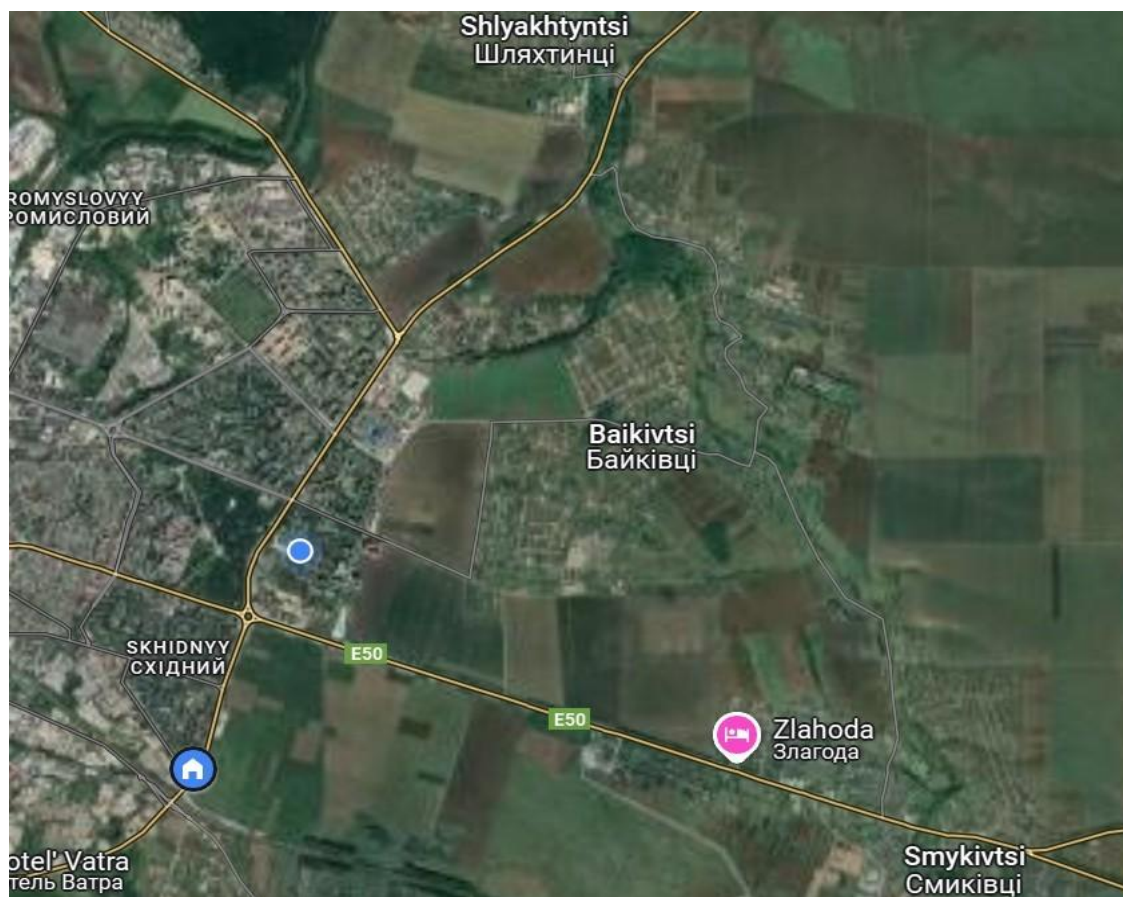


Рис. 4.4 Об'їзна Шляхтинці - Смиківці станом на березень 2025 (скриншот Google maps) [160]

Невід’ємною складовою реалізації стратегії сталого міського розвитку є створення умов для безпечного та зручного пересування пішоходів і велосипедистів [138]. Це сприятиме зменшенню кількості коротких поїздки на особистому транспорті та покращенню якості міського простору. Основні заходи включають:

1. Розширення тротуарів.
2. Облаштування велодоріжок для безпечного пересування велосипедистів.
3. Запуск муніципальної системи велопрокату.
4. Збільшення кількості паркомісць для велосипедів.

Наразі у Тернополі присутні проблеми з розвитком велоінфраструктури. Станом на 2021 рік лише 1,5% міських переміщень здійснювалися за допомогою велосипедного транспорту. Основною причиною є недостатня розвиненість велосипедної інфраструктури. Такі умови змушують велосипедистів пересуватись тротуарами, що порушує правила дорожнього руху та створює небезпеку для пішоходів.

Згідно з Програмою розвитку велосипедної інфраструктури на 2021 – 2024 роки, було заплановано [32]:

1. Облаштувати 4300 м велосипедних контрсмуг на дорогах з одностороннім рухом.
2. Створити велосипедний маршрут між мікрорайонами Сонячний – Східний – Центр – Дружба.
3. Встановити 200 місць для довготривалого зберігання велосипедів у ВелоХабах.
4. Обладнати 100 велосипедних паркомісць велостійками.

Однак, у документі [32] зазначено, що у 2021 – 2024 роках фінансування на реалізацію програми не виділялося, через що роботи не виконувалися. Лише у 2024 році велоінфраструктура почала розвиватися відповідно до Програми розвитку житлово-комунального господарства Тернопільської міської територіальної громади на 2021–2024 роки, затвердженої рішенням міської ради від 18.12.2020 № 8/2/12.

Під час ремонту тротуарів облаштовано [32]

- Велодоріжку довжиною 650 м (від вул. Волинської в напрямку вул. Львівської).
- Велодоріжку довжиною 90 м на вул. Івана Мазепи.

Розвиток велосипедної інфраструктури важливий не лише для жителів міста, а й для розвитку туристичного потенціалу Тернополя. Через місто проходить міжнародний веломаршрут “Євровело-4” (рис. 4.5, рис. 4.6), що сполучає центральну частину Європи. Створення якісних велодоріжок та велостоянок сприятиме збільшенню туристичних потоків та розвитку місцевого бізнесу.



Рис. 4.5 Мапа маршрутів “ЄвроВело - 4” [119]



Рис. 4.6 Місце Тернополя у системі маршруту “ЄвроВело - 4”[25, 119]

4.2 Заходи еколого-просвітницького характеру. Підвищення свідомості руху на дорозі

Сучасне місто не може існувати без розвитку екологічної культури серед населення. Формування екологічної свідомості у дітей та молоді – один із ключових напрямів сталого розвитку урбоєкосистеми. Одним з ефективних інструментів у цій сфері є еколого-просвітницька діяльність, яка реалізується як у межах навчального процесу, так і в позашкільному просторі.

Створення дендропарків на територіях шкіл є прикладом практичного залучення молоді до догляду за природою. Учні беруть участь у висадженні різноманітної рослинності, вивчають особливості місцевої флори, навчаються відповідальності. Такі ініціативи не лише сприяють збагаченню зеленого фонду міста, а й формують у дітей розуміння важливості охорони довкілля.

Окрім шкільної програми, важливо приділяти увагу позашкільній діяльності. Різноманітні гуртки, майстер-класи та екологічні квести. сприяють формуванню активної громадської позиції. Вони мотивують дітей долучатися до реальних екологічних змін у міському просторі.

Враховуючи ситуацію сьогодення, особливу увагу слід звернути на інформаційні кампанії, щодо впливу транспорту на довкілля. Варто проводити публічні лекції. Залучати молодь до створення та поширення аналітичних матеріалів, статей, відео. Це допоможе краще усвідомити шкоду, яку спричиняють викиди пересувних джерел.

У цьому контексті важливою складовою еколого-просвітницьких ініціатив є популяризація екологічно чистого транспорту. Швидкі темпи урбанізації сьогодні вимагають активної роботи над підвищенням дорожньої культури. Організація міських заходів на кшталт екофорумів, семінарів чи акцій «День без авто» не лише привертає увагу до проблеми, а й демонструє практичні шляхи її вирішення.

Дедалі більше дітей користуються велосипедами, самокатами чи гіроскутерами. Попри їхню екологічність, ці засоби пересування потребують високої відповідальності. Саме тому важливим напрямом залишається формування дорожньої грамотності ще з дитячого віку. Уроки безпеки руху в школах, інтерактивні заняття, стенди із правилами дорожнього руху, соціальна реклама на зупинках сприяють підвищенню свідомості як серед дітей, так і серед дорослих.

Громадські ініціативи, петиції щодо покращення інфраструктури, співпраця з екологічними організаціями, університетами та місцевою владою утворюють простір співучасті, де кожен мешканець може стати агентом позитивних змін.

Таким чином, еколого-просвітницька діяльність і підвищення дорожньої грамотності – це не лише два окремі напрями, а й важливі складові виховання відповідального, свідомого громадянина, який дбає про довкілля та поважає інших учасників міського життя.

4.3 Екомережа міста

Екомережа міста Тернопіль – це система природних територій, що підтримує екологічну рівновагу в умовах урбанізації. Її формують ключові зелені зони, прибережні смуги, водойми та заповідні об'єкти, які виконують як охоронну, так і

рекреаційну функції. Схема екомережі Тернополя була затверджена ще у 2011 році, що стало важливим кроком у напрямку збереження та відновлення природних комплексів міста. Гідрографічна система Тернополя віднесена до басейну річки Дністер. Головним екологічним коридором регіонального значення виступає річка Серет. Вона з'єднує між собою природні осередки. Однею із її приток є каналізована річка Рудка [144]. Вона брала початок у парку Національного відродження. Далі річка протікала долиною вулиці Коновальця. Вона набирала об'єму за рахунок стічних вод з вулиць Богдана Лепкого та Мирона Тарнавського. Далі річка протікала Старим парком. Рудка текла вулицею С. Крушельницької та впадала в міський став. Внаслідок розбудови міста у 70-х роках річка була частково замурована у підземні комунікації. Сьогодні річка тече під асфальтом на вулиці Соломії Крушельницької.

Загальна площа водних об'єктів у межах міста становить 332,8 га, з яких найбільшу частку — 300 га — займає Тернопільське водосховище (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Структура земель під водою, м. Тернопіль [144]

Водосховища	Ставки	Природні водотоки (річки, струмки)	Штучні водотоки (канали, колектори)
300 га	20,8 га	14,0 га	4,0 га
88,5%	6%	4%	1,5%

На жаль, сьогодні спостерігаються проблеми збереження оптимального стану водних ресурсів [119]:

1. Неналежний санітарний стан і порушення гідрологічного режиму річки Серет.
2. Відсутність ефективної системи відведення дощових вод, що сприяє підтопленням у знижених районах (рис. 2.2).
3. Система водопостачання та каналізацій не повністю охоплює території громади. Стоки сільських господарств потрапляють у поверхневі та підземні води.
4. Зменшення об'ємів підземних вод та зникнення джерел у періоди маловоддя.

Завдяки щомісячному моніторингу якості вод для господарсько-побутових проблем населення встановлено. Після витоку води з Тенopільського ставу спостерігається погіршення показників річки Серет порівняно з територією від витоків до Тернополя.

Екологічна мережа міста включає в себе три основні природоохоронні території: заповідну зону РЛП “Загребелля”, парк “Національного відродження” та ботанічний заказник “Чагарі Кутківецькі”. Вона також враховує три сполучні території (екокоридори): Серетський екокоридор регіонального значення, а також Галицький і Кутківецький екокоридори місцевого значення [47]. Площа буферних зон екомережі міста перевищує 500 га. У структурі ключових територій збережена природна рослинність займає 81,1%, що є надзвичайно високим показником для урбанізованого середовища [141].

Варто зазначити, що заповідні об'єкти міста не завжди мають безпосередній зв'язок між собою, і їхня цілісність часто забезпечується лише через водні коридори [74], такі як річка Серет та її притоки. У Тернопільській територіальній громаді налічується 16 заповідних об'єктів. Їх площа сягає 1618,30 гектарів. Заповідність становить 9,67 % [140]. У структурі комплексної зеленої зони міста переважають ліси - 64%. Водні об'єкти та болота становлять 18,5%, інші зелені насадження - 17,5% (рис. 4.7) [50].

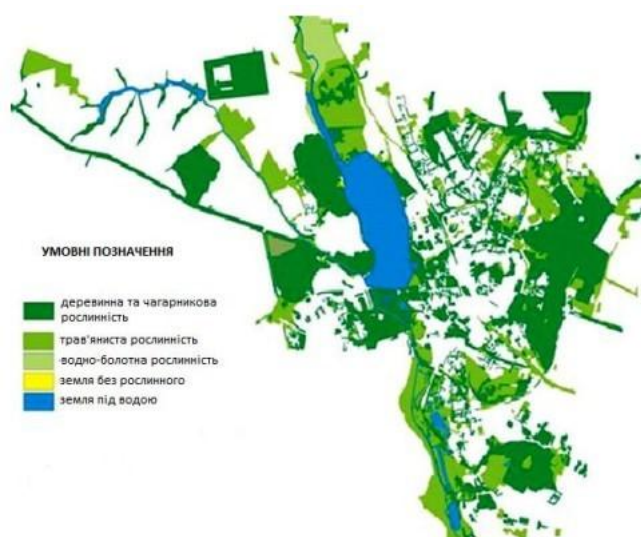


Рис. 4.7 Природні угіддя лісопаркової частини зеленої зони міста Тернопіль

Площа усіх парків Тернопільської громади складає 450 га (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Площа парків міста Тернопіль, га та максимально допустима к-ть відвідувачів одночасно, осіб [139]

Назва парку	Площа парку, га	Максимально допустима к-ть одночасних відвідувачів на 1 га [87]	Максимально допустима к-ть одночасних відвідувачів, на весь парк
"Сопільче"	60	15	900
Імені Т. Шевченка	18	100	1800
"Національного відродження"	45	100	4500
"Старий парк"	7	100	700

Відповідно до [87] одночасно допустима місткість озелених територій загального користування одночасно становить:

1. Міські парки: 100 осіб / га;
2. Міські лісопарки (лугопарки, гідропарки): 15 осіб / га.

Особлива роль серед заповідних територій міста належить національному ландшафтному парку “Загребелля” [148]. Рекреаційна ємність для нього вираховується окремо, як для заповідного об’єкту (табл. 4.3) [143].

Таблиця 4.3

Рекреаційна місткість території РЛП "Загребелля" [143]

Характеристики	Показники
Площа РЛП, га	630,0
Площа водного плеса, га	306,6
Площа суходолу, га	323,4
Рекреаційна місткість водного плеса (осіб/теплий сезон)	
мінімальна	43640
середня	62790
максимальна	81900
Рекреаційна місткість водного плеса (осіб/холодний сезон)	

мінімальна	8784
середня	16470
максимальна	24705
Рекреаційна місткість водного плеса (осіб/рік)	
мінімальна	52424
середня	79260
максимальна	106605
Рекреаційна місткість суходолу (осіб/теплий сезон) (понижуючий коефіцієнт крутизни схилів 0,9)	
мінімальна	52888
середня	66135
максимальна	79361
Рекреаційна місткість суходолу (осіб/холодний сезон) (понижуючий коефіцієнт крутизни схилів 0,9)	
мінімальна	21280
середня	26600
максимальна	31919
Рекреаційна місткість суходолу (осіб/рік) (понижуючий коефіцієнт крутизни схилів 0,9)	
мінімальна	74168
середня	92735
максимальна	110552
Загальна рекреаційна ємність осіб/рік	
мінімальна	126592
середня	171995
максимальна	217157

Максимальна ємність суходолу РЛП “Загребелля” – 110 552 особи. Такий рівень відвідуваності можливий лише за умови належного облаштування території – прокладання асфальтованих доріжок, встановлення освітлення, зон відпочинку тощо [142]. При обрахунках враховано, що значна частина площі парку розташована на схилах крутизною понад 5%. Наприклад, при нахилах 10 – 20% коефіцієнт зниження кількості відвідувачів становить 0,8. У цьому дослідженні середній понижувальний коефіцієнт для суходолу прийнято на рівні 0,9 [143]. Розрахунок рекреаційної ємності здійснювався на основі площі території та типової тривалості перебування відвідувачів, яка вважається одноденною. Варто також враховувати, що близько 7,2% площі суходолу займають болота та орні землі, що не можуть бути задіяні для рекреації. Для реалізації повноцінного потенціалу парку

необхідно провести комплекс робіт із благоустрою та створення відповідної інфраструктури [70].

Висновки до четвертого розділу

Тернопіль, будучи важливою транспортною ланкою між міжнародними магістралями, має значний транзитний та внутрішньоміський транспортний потік, що вимагає системного підходу до організації руху. Цей розділ охоплює комплекс заходів, спрямованих на зниження транспортного навантаження в місті Тернопіль та пом'якшення його негативного впливу на довкілля.

Реалізація проєкту «Go Highway» та включення міста у його маршрут підсилює стратегічне значення Тернополя в транспортній інфраструктурі України. Це, у свою чергу, також створює значний тиск на екологічний стан міського середовища, ускладнюючи забезпечення комфортного і безпечного простору для мешканців. Ця роль потребує системного вдосконалення існуючої вулично-дорожньої мережі.

Важливим елементом цього проєкту є заплановане будівництво нової об'їзної дороги навколо Тернополя. Основною метою було зменшення транспортного навантаження на вулиці міста, підвищення пропускної здатності магістралей. Очікувалося, що будівництво об'їзної дороги дозволить мінімізувати змішування транспортних потоків транзитного та локального характеру, що мало би позитивно вплинути як на екологічний стан міста, так і на якість життя мешканців. Однак станом на 2025 рік реалізацію цього проєкту так і не було завершено, а об'їзна дорога залишається на етапі планування.

Позитивним кроком у напрямку сталого розвитку було затвердження «Плану сталої мобільності». Його мета — гармонізація розвитку транспортної інфраструктури з екологічними та соціальними цілями, відповідно до європейських стандартів. План передбачає реформування паркування, зменшення кількості приватного транспорту та залучення до використання громадського транспорту.

Надзвичайно важливим доповненням до технічних і планувальних заходів є впровадження ініціатив еколого-просвітницького характеру, спрямованих на формування екологічної свідомості мешканців. Ефективна реалізація просвітницьких програм у навчальних закладах, створення дендропарків на територіях шкіл, проведення квестів, майстер-класів, інформаційних кампаній щодо впливу транспорту на довкілля сприяє вихованню екологічно відповідального покоління. Також важливу роль відіграє підвищення дорожньої грамотності серед дітей та молоді через інтерактивні уроки, соціальну рекламу та залучення громадськості до міських ініціатив.

Особливу увагу приділено оновленню міського громадського транспорту. Впродовж 2021 – 2024 років Тернопіль здійснив масштабне оновлення транспортного парку: замінено понад 83% маломістких маршрутних таксі. Натомість придбано великогабаритні, низькопідлогові автобуси та тролейбуси. Такий крок дозволяє не лише зменшити кількість транспортних одиниць на дорогах, знизивши інтенсивність руху та кількість викидів, але й покращити доступність транспорту для маломобільних груп населення. Нові транспортні засоби у більшій мірі відповідають сучасним екологічним стандартам, мають більшу пасажиромісткість та створюють менше шуму.

Актуальною на сьогодні залишається проблема шумового забруднення, джерелом якого є інтенсивний рух на центральних вулицях. Відсутність системного моніторингу рівнів шуму та належних шумопоглинальних заходів перешкоджає своєчасному реагуванню на загрози здоров'ю мешканців. Розробка та впровадження комплексної програми акустичного моніторингу, поряд із подальшим оновленням транспорту відповідно до екологічних стандартів, має стати одним із пріоритетів міської політики [72]. Серед найефективніших засобів — створення буферних зон між дорожніми магістралями та житловою забудовою [28]. Застосування шумозахисних екранів, а також облаштування озелених смуг між проїжджою частиною та тротуарами. Такі рішення виконують не лише естетичну й рекреаційну функцію, а й суттєво знижують рівень шумового

навантаження та сприяють поліпшенню мікроклімату в місті. Окрім того, інтеграція зелених насаджень у транспортну інфраструктуру має доведений ефект очищення повітря від шкідливих викидів та пилу, що дозволяє створити більш здоровий міський простір [147].

Незважаючи на позитивні зрушення — зокрема оновлення автопарку, впровадження низькопідлогових автобусів і тролейбусів, — місто продовжує стикатися з проблемами стихійного паркування, перевантаженості магістралей та нестачею комфортної інфраструктури для пасажирів.

Отже, ефективне регулювання руху транспорту в Тернополі потребує не лише інфраструктурних змін, а й перегляду підходів до планування міського простору, посилення ролі громадського транспорту, а також впровадження заходів зменшення шумового навантаження з урахуванням європейських практик.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розроблено науково обґрунтований підхід до оцінювання автотранспортного навантаження на урбоекосистему Тернополя та розроблено рекомендації щодо оптимізації транспортних потоків для покращення атмоєкологічного стану міста. На основі проведених досліджень отримано такі результати:

1. Проведено всебічний аналіз сучасного впливу автотранспортного навантаження на урбосистему Тернополя. Встановлено, що на транспорт у місті припадає понад 70 % загального обсягу викидів. Моніторинг стану атмосферного повітря за період з 2018 по 2023 р.р. засвідчив перевищення середньорічних граничнодопустимих концентрацій основних забруднюючих речовин. Найбільше перевищення рівня ГДК спостерігалось на ділянках із високою щільністю забудови. Таким чином, транспортне навантаження є визначальним фактором формування атмосферного забруднення та деградації урбосистеми Тернополя, що вимагає невідкладного вдосконалення системи моніторингу повітря та раціонального планування міської транспортної мережі.
2. Розроблено методику оцінювання автотранспортного навантаження на урбосистему з використанням сучасних цифрових технологій. Запропонований підхід дозволяє комплексно враховувати інтенсивність руху, типи транспортних засобів, часову та просторову структуру транспортних потоків. Для збору та аналізу даних застосовано цифрові сервіси картографування, аналітичні онлайн-платформи, що забезпечують оперативність обробки інформації, її візуалізацію та інтеграцію з екологічними показниками. Розроблена методика є адаптивною для різних міст і може бути використана для оперативного моніторингу транспортного навантаження, прогнозування його змін та оцінювання впливу автотранспорту на стан урбосистеми.
3. Оцінено інтенсивність руху автотранспорту на дев'яти контрольних ділянках вулично-дорожньої мережі Тернополя, розташованих на центральних вулицях

міста. Найбільша кількість транспортних засобів зафіксована на ділянках №1 (перехрестя вул. Руська — вул. Старий Поділ) та №6 (перехрестя просп. Степана Бандери — вул. Слівенська — вул. Коновальця). Найменше транспортне навантаження впродовж досліджуваного періоду спостерігалось на ділянках №2 та №3. Середнє значення інтенсивності руху характерне для ділянок №7, №8 та №9.

4. Визначено концентрації викидів чадного газу на досліджуваних ділянках. Найвища ж концентрація СО зафіксована на Ділянці №6 (перехрестя просп. Степана Бандери — вул. Слівенська — вул. Коновальця), де показник сягнув $90,7 \text{ мг/м}^3$, що у 18,14 разів перевищує ГДК (5 мг/м^3). Такий результат зумовлений поєднанням високої інтенсивності руху та несприятливих умов для розсіювання викидів: ділянка щільно забудована з обох боків і не має виходу до відкритих просторів або зелених зон, що суттєво обмежує провітрюваність.
5. Досліджено роль зелених насаджень у процесах асиміляції викидів автотранспорту в міському середовищі Тернополя. Визначено, фактичні площі зелених насаджень загального користування не відповідають встановленим санітарним та екологічним нормативам, що призводить до погіршення екологічної ситуації, особливо в умовах зростання транспортного навантаження. Зниження площі зелених насаджень у місті, ущільнення забудови, а також незбалансована міська політика в сфері озеленення посилюють негативні екологічні тенденції. Для покращення атмоєкологічного стану варто не лише знизити обсяги викидів автотранспорту, а й негайно збільшити площу зелених насаджень, що виконують.
6. Запропоновано заходи щодо оптимізації транспортної системи Тернополя з урахуванням екологічної безпеки. Обґрунтовано доцільність впровадження низки управлінських, планувальних та інженерних заходів, зокрема впровадження єдиної транспортної схеми міста, створення екологічних коридорів, розширення мережі вело- та пішохідних маршрутів, стимулювання використання громадського транспорту та поступове обмеження руху приватного автотранспорту у центральній частині міста. Акцентовано на важливості реалізації заходів еколого-просвітницького характеру, спрямованих на формування екологічної свідомості

мешканців і підвищення культури поведінки на дорогах. Запропоновано розширення шкільних програм екологічного виховання, створення дендропарків на територіях закладів освіти, організацію майстер-класів, екологічних квестів, тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аблєєва І.Ю. Екологія міських систем: конспект лекцій. Суми: СумДУ. 2020. 178 с.
2. Аналіз ринку легкових автомобілів України. 2005. Pro-Consulting. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/Analiz-rynka-legkovyh-avtomobilei-Ukrainy-2005-god> (дата звернення: 25.03.2025).
3. Архів навколишнє природнє середовище. Державна служба статистики України. Головне управління статистики у Тернопільській області. URL: http://www.te.ukrstat.gov.ua/arxiv_katalog_ns.html (дата звернення: 22.04.2022).
4. Бакуліч О. О., Самойленко Є. С. Оцінка забруднення атмосфери міст автомобільним транспортом у проєктах управління екологічним станом мегаполісу. *Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку*. 2021. №26. С. 125 – 134. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Piir_2021_26_15
5. Балабух В. О. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Тернопільській області та можливі їх зміни до середини ХХІ ст. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія*. 2014. № 1. С. 43 – 54. URL: https://www.researchgate.net/publication/326319486_Regionalni_proavi_globalnoi_zmini_klimatu_v_Ternopilskij_oblasti_ta_mozlivi_ih_zmini_do_seredini_HHI_st
6. Банах А. В. Проблематика і задачі теорії взаємодії природної та антропогенної систем в процесі містобудівного освоєння територій. *Регіональна політика : історія, політико-правові засади, архітектура, урбаністика* : збірник наукових праць в 2 ч. Київ. Тернопіль. Бескиди. 2018. Вип. 4, ч. 2. С. 39 – 43. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/7539>
7. Барна І. М., Янковська Л. В. Вплив стаціонарних джерел забруднення на екостан атмосферного повітря районів Середнього Подністров'я. *Наукові*

записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Географія. Тернопіль. 2010. №1 (27). С. 245-250.

8. Бахарев В. С. Комплексна система екологічного моніторингу атмосферного повітря урбосистем : дис. д-ра техн. наук : 21.06.01. Кременчуцький нац. ун-т ім. М. Остроградського. Кременчук. 2018. 402 с.

9. Бахарев В. С. Структура інформаційно-аналітичної системи муніципального моніторингу якості атмосферного повітря. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2017. № 3 (104), ч. 1. С. 85–92.

10. Боярин М. В., Нетробчук І. М., Волошин В. У. Вплив метеорологічних умов на рівень забруднення атмосфери ландшафтів Волинської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія*. 2016. № 15. С. 58 – 66.

11. Боярин М. В., Нетробчук І. М., Савчук Л.А. Аналіз впливу автотранспорту на стан атмосфери міських ландшафтів (на прикладі м. Луцьк). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2015. Вип. 13. С. 54–59.

12. Бурченко С. Конструктивно-географічні основи оптимізації зеленої інфраструктури міста Харків : дис. ... д-ра філософії / Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. Харків, 2023. 207 с.

13. В Україну завезли генераторів сукупною потужністю як один енергоблок АЕС, а бензину потрібно на сотні мільйонів. Як побудована генераторна економіка країни. *Журнал Forbes Ukraine*. URL: <https://forbes.ua/money/v-ukrainu-zavezli-generatoriv-yak-odin-energoblok-aes-a-benzinu-potribno-na-sotni-milyoniv-yak-pobudovana-generatorna-ekonomika-kraini-09012023-10939> (дата звернення: 22.05.2022).

14. Викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення в 2014 році : статистичний бюлетень. Державна служба статистики України. Головне управління статистики у

Тернопільській області. Тернопіль, 2015. 45 с. URL: https://www.te.ukrstat.gov.ua/arxiv_katalog_ns.html (дата звернення: 11.10.2023).

15. Викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення в 2015 році : статистичний бюлетень. Державна служба статистики України. Головне управління статистики у Тернопільській області. Тернопіль, 2016. 45 с. URL: https://www.te.ukrstat.gov.ua/arxiv_katalog_ns.html (дата звернення: 11.10.2023).

16. Висновки науковців: Тернопіль – це аномальна кліматична зона України. Нова Тернопільська газета. URL: <https://nova.te.ua/statti/vysnovky-naukovtsiv-ternopil-tse-anomalna-klimatychna-zona-ukrayiny/> (дата звернення: 04.02.2025).

17. Витрати палива генератора. *Rental power*. URL: <https://rental-power.com.ua/ua/rashod-topлива-generatora/> (дата звернення: 15.06.2022).

18. Внукова Н. В. Методика екзегетичного аналізу технологічних процесів забезпечення автоперевезень при використанні різних видів палива. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*: збірник наукових праць, тематичний випуск "Нові рішення в сучасних технологіях". 2011. № 54. С.60 - 66.

19. Вплив транспорту на екологію міста. Аналіз та стратегії для України : Громадська організація "Міські реформи" від 2016. 22 с. URL: https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/transport-ukr4_small.pdf (дата звернення: 14.03.2024).

20. Гандзюк М. О. Забруднення атмосфери міста Луцька викидами автотранспортних засобів та заходи для зменшення впливу автомобільного транспорту на довкілля. *Вісник СевНТУ* : збірник наукових праць. Севастополь, 2011. Т. 121 : Машиноприладобудування та транспорт. С. 169 – 176.

21. Грищенко А. В. Рівень забруднення автотранспортом атмосферного повітря м. Кривий Ріг : магістерська, магістр : Кривий Ріг : КДПУ, 2022. 37 с.

22. Гудзеляк І. Борсук Ю. Інтеграція транспортної системи Львівської області до Європейської в умовах вимушеної міграції населення. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира*

Гнатюка. Серія: Географія. 2024. №1 (56). С. 90 – 102. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.24.1.11>

23. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. та інші. Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник. 2-ге вид. К. : Арістей, 2008. С. 296.

24. Гутаревич Ю. Ф., Матейчик В.П., Копач А.О. Шляхи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів. *Вісник східноукраїнського НУ ім. Даля*. 2004. № 7 (77), ч.1 С.11-15.

25. Додаток до плану сталої мобільності : від 18.02.2022. *План сталої міської мобільності Тернопільської міської територіальної громади*. URL: <https://docs.google.com/document/d/1Nt3KsqQ-q9bzIIHpRSZhGqGaLvQWJtJG/edit?tab=t.0> (дата звернення: 26.07.2024).

26. Експрес аналіз проєкту бюджету міста Тернополя на 2018 рік : від 2017. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/26386/1/Express%20Analysis%202018.pdf> (дата звернення: 20.05.2023).

27. Єресов В.І., Григор'єва О.В. Шляхи управління рухом в умовах перевантаження. *Вісник НТУ*. 2011. Вип. 24(2). С. 153-157.

28. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія / За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. 400 с.

29. Зеньо П. А. Дослідження пасажиропотоку та ціноутворення на маршруті (на прикладі м. Тернопіль) : кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю „275 — транспортні технології (на автомобільному транспорті)“. Тернопіль. 2021. 61 с.

30. Із 1 вересня учні та студенти їздитимуть у транспорті безкоштовно. Але є умова. 20 хвилин. URL: <https://te.20minut.ua/DTP/iz-1-veresnya-uchni-i-studenti-yizditimut-u-transporti-bezkoshtovno-10907183.html> (дата звернення: 10.06.2024).

31. Інфографіка бюджету міста Тернопіль. Тернопільська міська рада. URL: <https://ternopilcity.gov.ua/byudget-ternopolya/infografika-byudgetu-mista-ternopolya/> дата звернення (18.04.2023).
32. Інформація про виконання Програми розвитку велосипедної інфраструктури на 2021-2024 роки. Тернопільська міська рада. URL: <https://ternopilcity.gov.ua/sesiya/proekti-rishen-sesii/proekti-rishen-sesii-tmr/85924.html> (дата звернення: 10.03.2025).
33. Ільченко К.О., Лісогор А.А. Моделювання сталого розвитку міст для країн, що розвиваються. *ScienceRise*. 2015. № 12(1). DOI: 10.15587/2313-8416.2015.46590
34. Карпюк З. К., Фесюк В. О. Розробка локальної екомережі Луцької міської територіальної громади: особливості та проблеми. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія*. 2023. Вип. 59. С. 284-297.
35. Качмар Р. Я. Оцінювання екологічних та економічних втрат від шуму транспортних потоків міста Львова. *Автошляховик України*. 2013. Вип. 1. С. 10 – 13. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2013_1_4
36. Кіптенко Є. М., Козленко Т. В. Розроблення схеми короткотермінового прогнозу забруднення повітря для міста Луцька. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту - 2007 : збірник наукових праць*. 2011. Вип. 256. С. 318–330.
37. Коваленко Л. О. Розрахунок викидів та концентрацій забруднюючих речовин від автомобільного транспорту в атмосферному повітрі. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2011. Вип. 52. С.19 - 22.
38. Коломієць С. В. Методика визначення впливу транспортних засобів на довкілля на етапі відновлення роботоздатності. *LXIX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених підрозділів університету*. Київ, 2013. С.88.

39. Коломієць С. В. Моніторинг екологічних впливів технологічних процесів автотранспортних підприємств. *Systemy i srodki tranaportu samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki. Wybrane zagadnienia, seria "Transport"*. Monografia nr. 10. Rzeszow, 2017. Pp. 53-60.

40. Косовець О.О. Стан забруднення природного середовища на території України за даними спостережень організацій державної гідрометслужби у 2010 році. *III-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю* : збірник наукових статей. Вінниця, 2011. Том.1. С.198–201.

41. Кофанов О. Є. Моделювання розсіювання і локального концентрування поллютантів у придорожньому повітряному просторі. *Вісник НТУ "ХПІ", Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2018. № 9 (1285). С. 190–197. DOI: 10.20998/2413-4295.2018.09.28

42. Кофанов О. Є., Холковський Ю. Р. Геоекологічні аспекти моделювання локального забруднення приземного атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспортних засобів. *Гірнича механіка і машинобудування*. 2017. № 4. С. 20–33.

43. Коценко К. Транспорт і його вивчення в курсі географії : навчальний посібник. Київ. Рад. школа. 1983. 120 с.

44. Круглов І.С. Міська ландшафтно-екологічна інформаційна система. *Український географічний журнал*. 1997. №3. С.41 – 47

45. Кубатко, Олександр Васильович. Еколого-економічні флуктуації показників здоров'я населення. *Економіка і регіон. Науковий вісник*. № 3(64). С. 15–21. URL: [http://dx.doi.org/10.26906/eir.2017.3\(64\).868](http://dx.doi.org/10.26906/eir.2017.3(64).868)

46. Кузик І. Р. Екологічна оцінка стійкості зелених насаджень міста Тернопіль до газопилових викидів. *XV Всеукраїнські наукові Таліївські 184 читання* : збірник наукових статей. Харків: Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, 2019.

47. Кузик І. Р. Комплексна зелена зона міста Тернопіль: геоекологічні засади сталого функціонування : дис. кандидата геогр. наук. Тернопільський

національний педагогічний університет. Тернопіль, 2021. URL: https://tnpu.edu.ua/naukova-robota/documents-download/razovi_rady/Dis_Kuzyk.pdf (дата звернення: 05.01.2023).

48. Кузик І. Р. Моделювання еколого-географічних систем. *Динаміка зміни площ зелених насаджень лісопаркової частини комплексної зеленої зони міста Тернополя* : матеріали звітної конференції викладачів, аспірантів магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики викладання екологічних дисциплін та НДЛ. Тернопіль, 2018. С. 59-63.

49. Кузик І. Р. Ретроспективний аналіз зміни площ зелених насаджень у місті Тернопіль. *Міждисциплінарні інтеграційні процеси у системі географічної та екологічної науки*: матеріали міжнародної наук.-практ. конф. присвяченої 25-річчю відкриття спеціальності «Екологія» у Тернопільському національному педагогічному університеті ім. В. Гнатюка. 7-8 травня 2019 р. Наук. ред. Л.П. Царик, М.Я. Сивий, А.В. Кузишин, Я.О. Мариняк. Тернопіль, 2019. С. 90-93.

50. Кузик, І. Р., Царик, Л. П. Геоекологічна оцінка структури комплексної зеленої зони міста Тернопіль та її оптимізація. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Вип. 34. С. 8-18. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-01>

51. Куріс Ю. В., Матяшева О. Б., Белоконь К. В., Кожемякін Г. Б. Дослідження впливу автотранспорту на шумову безпеку міста в сталому розвитку урбанізованих територій. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2017. Вип. 1. С. 183 – 188. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpddtu_2017_1_37

52. Кучерявий В. П. Урбоекологія: Підручник. Львів: Світ, 2001. 440 с.

53. Кучерявий В. П. Фітомеліорація. Львів: Світ, 2003. 540 с.

54. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць. Львів: Світ, 2005.

55. Кучерявий, В. П., Генік, Я. В., Кучерявий, В. С., Шуплат, Т. І., Гоцій, Н. Д. Екопросторові та теплофізичні особливості формування “острова тепла”

Львівського середмістя і життєвість деревних рослин. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023. Вип. 33(3). С. 23-33. DOI: <https://doi.org/10.36930/40330304>

56. Лаврик В. І., Боголюбов В. М., Полетаєва Л. М. та ін. Моделювання і прогнозування стану довкілля : підручник / за ред. В. І. Лаврика. ВЦ Академія, 2010. 397 с.

57. Лежнева О.І., Желновач Г.М., Очеретенко С.В., Пономарьова Н.В., Прокопенко Н.В., Любий С.В. Екологічні аспекти транспортної системи міста: монографія. Харків: Зебра. 2017. 180с.

58. Лісовський С. А., Марушевський Г. Б., Павличенко П. Г., Руденко Л. Г., Тимочко Т. В. Проект доповіді до конференції ООН зі сталого (збалансованого) розвитку Ріо+20. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2012. 60 с.

59. Майже 7 млн виділили на озеленення Тернополя. Аналізуємо, що садитимуть і як мухлювали з тендерами. 20 хвилин. URL: <https://te.20minut.ua/Groshi/skilki-koshtue-ternopolyu-ozelenennya-i-hto-prikrashatime-misto-tsogor-11320932.html> дата звернення (11.09.2023).

60. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування, як підґрунтя управлінських рішень про надання екосистемних послуг. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія*. 2016. Т. 45. С. 153–158. URL: [https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=86S2bKMAAAAJ:ZzlSgRqYykMC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=86S2bKMAAAAJ&citation_for_view=86S2bKMAAAAJ:ZzlSgRqYykMC) (дата звернення: 25.06.2022).

61. Максименко Н. В. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2016. ISBN 978-966-285-117-5.

62. Максименко Н. В., Хоружа Н. В. Просторова оцінка метеорологічного потенціалу території Полтавської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2016. № 1–2 (25). С. 37–46.

63. Маркін, І. Д. Розв'язання задачі заповнення пропусків даних альтернативними методами : дипломна робота, бакалавр. Київ, 2020. 69 с.
64. Матейчик В. П., Коломієць С. В., Ліскевич Ю. Р. Особливості оцінки впливу автотранспортних підприємств на навколишнє середовище. *Проблеми транспорту* : збірник наукових праць. К. : НТУ, 2014. Вип.10. С.153–158.
65. Матейчик В. П., Половко М.В., Семешек М., Коломієць С.В. Оцінка викидів забруднюючих речовин в процесі технологічного циклу обслуговування транспортних засобів. *Вісник Севастопольського національного технічного університету, серія: “Машино-приладобудування та транспорт”*. Севастополь, 2013. Вип. 142. С. 166-169.
66. Матеріали звіту Головного управління Держгеокадастру у Тернопільській області (форма 6-зем) : структура земельних угідь Тернопільського району та м. Тернопіль від 01.01.2016.
67. Матеріали та методи дослідження. *Нова екологія*. URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-280-2.html> (дата звернення: 05.07.2022).
68. Мезенцев К. Тренди розвитку міських поселень в Україні: стійкі та вразливі міста. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2013. Вип. 1. С. 31 – 36. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=VKNU_geograf_2013_1_10
69. Мезенцев К., Мезенцева Н. Погляди на міста звідусіль. *Економічна та соціальна географія*. 2017. Вип. 78. С. 66 – 69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/esg_2017_78_12
70. Меліхова Т. Л. Екологізація у великих містах. Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції. *Наукова періодика України*. 2013. Вип. 19, № 4. С. 324 – 331. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/prvse_2013_19_4_40

71. Мельник В. Й., Стернік В. М. Обґрунтування комплексних моніторингових досліджень урбодифотопів міста Рівне. *Біологія і екологія* : збірник наукових праць. Харків : ХНПУ, 2015. Вип. 17. С. 12–63.

72. Миронова І. Г. Мілютіна В. І. Оцінка екологічного стану житлового масиву міста Дніпра. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2021. №66. С. 254 – 266. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2021_66_25

73. Мінінфраструктури оголосило міжнародний тендер на будівництво північно-східного обходу Тернополя і транспортної розв'язки. Interfax-Україна. 28.10.2021. URL: <https://interfax.com.ua/news/general/776056.html> (дата звернення: 15.03.2025).

74. Міщенко Л. В. Екологічний аудит сучасної екологічної ситуації території міста Івано-Франківська. *Наукові нотатки*. 2012. Вип. 38. С. 126 – 131. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2012_38_28

75. Мішук О. Нейроподібні методи та засоби прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря : дис. ... д-ра філософії. Національний університет “Львівська політехніка”. Львів, 2020.

76. Мішук О.С., Ткаченко Р.О. Методи оброблення та заповнення пропущених параметрів у даних екологічного моніторингу. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. №29 (6). С. 119–122. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290623>

77. Мозговий А. А. Сталий розвиток міст: передумови та суперечності. *Сталий соціально-економічний та екологічний розвиток: від теорії до практики*. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (13-14 листоп. 2014 р.). м. Дніпропетровськ, 2014. С. 58 – 61.

78. Назарук М. М. Сталий розвиток як екогуманістична перспектива людства. Сталий розвиток – стан та перспективи : матеріали Міжнар. наук. симпозіуму SDEV'2018 (Львів–Славське, 28 лютого–3 березня 2018 р.). Львів, 2018. С. 88–91.

79. Назарук М. М. Філософія довкілля та її роль у соціально–екологічних дослідженнях. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2014. Вип. 3 – 4. URL: https://journals.urau.ua/ludina_dov/article/view/36956 (дата звернення: 22.05.2025).

80. Названа точна кількість автомобілів в Україні та їх середній вік. Auto24. URL: https://auto.24tv.ua/nazvana_tochna_kilkist_avtomobiliv_v_ukraini_ta_yikh_serednii_v_ik_n6262 (дата звернення: 01.04.2025).

81. Нетробчук І. М. Динаміка забруднення атмосферного повітря у Волинській області. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій* : збірник наукових праць. Луцьк, 2016. № 13. С. 77–84.

82. Норми Євро-2 в Україні вже діють. *Автоцентр. Автобізнес*. 18.07.2005. URL: <https://www.autocentre.ua/avtopravo/avtobiznes/normy-evro-2-v-ukraine-uzhe-deystvuyut-288746.html> (дата звернення: 10.01.2024).

83. Олійник Р. В., Симоненко Р. В., Никонович С. В., Риль А. І. Управління екологічною безпекою транспортних потоків міста. *Вісник Національного транспортного університету*. 2011. №22. С. 53 – 58. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2011_22_10

84. Паньків Н. Є., Тетерко Н. З. Оцінювання забруднення атмосферного повітря внаслідок завантаженості вулиць Львова автотранспортом. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 268. С. 215–223.

85. Паспорт програми охорони навколишнього природного середовища Тернопільської міської територіальної громади на 2020-2023 роки : Додаток до рішення міської ради від 06.12.2019р.2019р. №7/41/33 : від 05.03.2024. URL: <https://ternopilcity.gov.ua/gromadyanam/ekologichna-storinka-mista-ternopolya/> (дата звернення: 07.03.2024).

86. Петровська М., Морквич В. Аналіз впливу автотранспорту на забруднення атмосферного повітря перехресть вулиць Львова монооксидом

карбону. *Вісник Львівського університету імені Івана Франка, серія географічна*. 2014. Вип. 47. С. 217–223.

87. Планування та забудова території. : Державні будівельні норми України від 05.03.2024, № ДБН Б.2.2-12:2019. URL: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf> (дата звернення: 07.11.2022).

88. Планують урізати зелені зони: як під час війни У Тернополі змінюють Генплан (ЕКСКЛЮЗИВ). *20 хвилин*. URL: <https://te.20minut.ua/Podii/planuyut-urizati-zeleni-zoni-yak-pid-chas-viyni-zminyuyut-genplan-u-te-11775031.html> (дата звернення: 10.09.2022)

89. Пляцук Л.Д., Васькін Р.А., Соляник В.О., Васькіна І.В. Оцінка викидів викидів шкідливих речовин від Т.З. Екологічна безпека. 2011. № 2 (12). С. 116–118.

90. Повідомлення про оприлюднення проєкту містобудівної документації «Детальний план території, обмеженої вул. Руська, вул. Кардинала Сліпого, вул. Листопадова, вул. М. Грушевського, межі парку ім. Т. Шевченка та набережної Тернопільського ставу (мікрорайон «Історичний центр» житлового району «Центральний») в м.Тернополі» та Звіту про стратегічну екологічну оцінку від 21.12.2021. Тернопільська міська рада. URL: <https://ternopilcity.gov.ua/uchast-gromadskosti/gromadski-obgovorennya-sluhannya-mistsevi-initsiativi/gromadski-obgovorennya/povidomlennya-pro-oprilyudnennya-proektu-mistobudivnoi-dokumentatsii-detalnyy-plan-teritorii-obmegeno-vul-ruska-vul-kardinala-slipogo-vul-listopadova-vul-m-grushevskogo-megi-parku-im-t-shevchenka-ta-naberegnoi-ternopilskogo-stavu-mikrorayon-istorichniy-t/56017.html> (дата звернення: 16.03.2025).

91. Полив'янчук А. П. Дослідження впливу дисперсного складу дизельних твердих частинок на ефективність їх нормування та нейтралізації сажовими фільтрами. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 3–4 (28). С. 18–26. DOI: 10.26565/1992-4224-2017-28-16

92. Попович П.В., Маяк М.М., Розум Р.І. Дослідження стану транспортної інфраструктури міста Тернополя. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2023. Вип. 7(38). Ч. 2. С. 243–249.
93. Попри військовий стан у державі, у Тернополі десять нових автобусів виїхали на маршрути. Нова Тернопільська газета. URL: <https://nova.te.ua/statti/popry-vijskovyj-stand-u-derzhavi-u-ternopoli-desyat-novyh-avtobusiv-vyyihaly-na-marshruty> (дата звернення: 15.02.2025).
94. Прилипко Т. В., Потапова Т. Е., Скрипник О. Ю., Мельник В. Ю. Екологічна безпека міської забудови. Сучасні технології в будівництві. 2013. Вип. 14, № 1. С. 88–94.
95. Прищепа А. Екосистемні послуги зелених насаджень урбосистем. *Наукові доповіді НУБіП України*. Біологія, біотехнологія, екологія. 2019. №1 (77). URL: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.004> (дата звернення: 07.03.2023).
96. Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови : Наказ, Норми від 22.02.2019, № 463. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/Re33252?an=1> (дата звернення: 18.05.2025).
97. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 року №173. Рада. Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96> (дата звернення: 16.07.2022).
98. Проїзд в маршрутках може подорожчати, 2008. *20 хвилин*. URL: <https://te.20minut.ua/Groshi/proyizd-v-marshrutkah-mozhe-podorozhchati-123044.html> (дата звернення: 01.12.2023).
99. Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів. Рада. Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1359-14#Text> (дата звернення: 17.03.2025).
100. Прокопенко Н. О., Прокопенко О. В. Напрямки розвитку взаємодії між охороноздоровчим правом та законодавством у сфері екології та містобудування.

Часопис Академії адвокатури України. 2014. № 1. С. 161 – 162. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Chaa_u_2014_1_38

101. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2016 році. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Reg.report/%D0%A0%D0%B5%D0%B3.%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C%20%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%202016.pdf> (дата звернення: 10.05.2022).

102. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2020 році. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: http://ecoternopil.gov.ua/images/Stano_dovkilliya/reg_dopov2020.pdf (дата звернення: 10.05.2022).

103. Рекомендації технічної служби – ДП «ДержавтотрансНДІпроект» щодо визначення відповідності колісних транспортних засобів за товарною позицією 8703 Українського класифікатору товарів зовнішньоекономічної діяльності, що були у користуванні, екологічним нормам, з урахуванням Закону України № 2612-VIII від 08.11.2018.

104. Решетченко А. І., Стольберг Ф. В. Оцінка шумового забруднення урбанізованих територій від автотранспорту на прикладі міста Харків. Галузеві проблеми екологічної безпеки: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. студ, маг., та асп. (Харків 19.10.2018 р.). Харків: ХНАДУ, 2018. С. 153-154.

105. Рудакевич І. Р. Картографічне моделювання транспортних потоків у м. Тернопіль. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Географія*. 2018. Вип. 1 (44). С. 71-80.

106. Самчук З. Ф. Людина та довкілля: від усвідомлення взаємозалежності до гармонійного *modus vivendi*. «Гілея» науковий вісник: збірник наукових праць. Київ. 2009. С. 175 – 186

107. Серкіз А. С. Вплив міського автотранспорту на стан атмосферного повітря вулиці Руська та проспекту Степана Бандери міста Тернополя. *Моделювання еколого-географічних систем : матеріали звітної наукової конференції викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін та НДЛ*. Тернопіль : ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2021. С. 68–73.

108. Серкіз А. С. Геоекологічні аспекти автотранспортного забруднення і продукування парникових газів у м. Тернополі. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. 2022. Вип. 1 (52). С.176–184.

109. Серкіз А. С. Екологічний стан повітряного середовища міста Тернополя на прикладі мікрорайону “Східний” : магістерська, магістр : 01.10.2019. Тернопіль, 2019.

110. Сіпаков Р. В. Забруднення атмосфери: смоги та тумани у великих містах України. *Екологічна безпека та природокористування*. 2017. Вип. 1 – 2. С. 86 – 96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebpk_2017_1-2_12

111. Сіпаков Р. В. Удосконалення управління екологічним ризиком від забруднення атмосферного повітря на автошляхопроводах урбанізованих територій (на прикладі м. Києва) : дис. кандидата наук. Київський національний університет будівництва та архітектури. Київ, 2021. URL: https://www.academia.edu/80704290/Improving_management_of_environmental_risk_from_urbanized_areas_highways_air_pollution_on_an_example_of_Kyiv_city

112. Скриник О. А., Скриник О. Я. Відновлення пропусків у часових рядах метеорологічних показників. *Наукові праці Українського 174 науково-дослідного гідрометеорологічного інституту : збірник наукових праць*. 2011. Вип. 260. С. 46–53.

113. Соколов В. М. Екологічні проблеми м. Жовті Води та шляхи їх розв'язання. *Екологічний вісник*. 2013. № 2. С. 31–32.

114. Стандарти каталізаторів - що таке Євро 2, Євро 3 та Євро 4. *Каталізатор*. 30.09.2022. URL: <https://katalizator.cv.ua/blog/standarti-katalizatoriv-shcho-take-yevro-2-yevro-3-ta-yevro-4> (дата звернення: 01.02.2024).

115. Статистичний збірник «Тернопіль у цифрах 2021» : Тернопіль. Головне управління статистики у Тернопільській області, 2022.

116. Статюха Г. О., Бойко Т. В., Бендюг В. І. Розробка методики оцінки небезпечних видів діяльності промислових підприємств. *Екологія і ресурси*. 2003. № 7. С. 46–55.

117. Степова О., Ганошенко О., Серга Т., Єсіна Н., Стрельнікова О. Соціальні наслідки викидів автотранспорту: тематичне дослідження в Полтаві, Україна. *Ecological Questions*. 2021. Vol. 33(1). Pp 73 – 90. <https://doi.org/10.12775/EQ.2022.006>

118. Стольберг Ф. Экология города. Київ : Лібра, 2000. 464 с.

119. Стратегія розвитку Тернопільської міської територіальної громади до 2027 року (з перспективою дії до 2034 року). Тернопільська міська рада. URL: <https://ternopilcity.gov.ua/app10/Strategy-Ternopil-draft-2-07012025r.pdf> (дата звернення: 02.02.2025).

120. Сухенко А. В. Удосконалення алгоритму розроблення тарифної системи оплати міських пасажирських перевезень : дипломна робота магістра за спеціальністю „275 — транспортні технології (на автомобільному транспорті. Тернопіль. 2020. 70 с.

121. Схема територіального районування м. Тернополя. *Тернопільська міська рада*. URL: <https://ternopilcity.gov.ua/generalniy-plan/20073.html> (дата звернення: 30.08.2023).

122. Тернопіль. Інвестиційний паспорт : 2019. URL: https://ternopilcity.gov.ua/app/webroot/files/Investment_passport_Ternopil_2019-09052019%2008%20-%2005%20-2019.pdf (дата звернення: 28.01.2023).

123. Тернополянам пропонують покращити маршрути громадського транспорту. *20 хвилин*. URL: <https://te.20minut.ua/Podii/ternopolyanam-proponuyut->

<pokraschiti-marshruti-gromadskogo-transportu-168576.html> (дата звернення: 25.03.2024).

124. Бахарев В. С. Комплексна система екологічного Ткачук К. К., Канар М. О. Автоматична система моніторингу забруднення атмосфери промислового району в Донецькій області. *Вісник НТУУ "КПІ", серія "Гірництво"*. 2015. Вип. 29. С. 86–89.

125. Трахтенгерц Г. А., Устінова І. І., Станкевич В. В. Еколого-містобудівні аспекти регулювання стану повітряного басейну сучасного міста. *Гігієна населених місць*. 2014. Вип. 63. С. 41 – 45. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gnm_2014_63_9

126. Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» від 30 вересня 2019 р. № 722/2019. Офіційне інтернет-представництво Президента України. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> (дата звернення: 18.05.2025).

127. Українські автовиробники завершили перехід на новий стандарт «Євро 4» у строк. Федерація роботодавців автомобільної галузі. URL: <https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/novosti/ukrainskiie-proizvoditeli-zaviershili-pieriekhod-na-novyi-standart-ievro-4-v-srok> (дата звернення: 13.05.2025).

128. Ульяніч А. С., Самохвалова А. І. Дослідження акустичного забруднення міста, створюваного автомобільним транспортом, як один з механізмів до шляху сталого розвитку урбоєкосистем. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: VII міжнар. молодіжний конгрес, 10-11 лютого 2022, Україна, Львів : Збірник матеріалів – Київ : Яроченко Я. В., 2022. С. 237.

129. У Тернополі з 1 квітня проїзд у маршрутках коштуватиме 2 гривні 50 копійок, 2013. *20 хвилин*. URL: <https://te.20minut.ua/Podii/u-ternopoli-z-1-kvitnya-proyizd-u-marshrutkah-koshtuvatime-250-grn-10267685.html> (дата звернення: 01.12.2023).

130. У Тернополі змінили маршрути громадського транспорту. 20 хвилин.
URL: <https://te.20minut.ua/Podii/u-ternopoli-zminili-marshruti-gromadskogo-transportu-10182562.html> (дата звернення: 25.03.2024).
131. У Тернополі значно модернізували громадський транспорт. 20 хвилин.
URL: <https://te.20minut.ua/Podii/u-ternopoli-znachno-modernizuvati-gromadskiy-transport-10289648.html> (дата звернення: 01.04.2024).
132. Фесюк В.О. Луцьк: сталий розвиток та соціально-екологічні проблеми. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2014. 304 с.
133. Фесюк В. О., Карпюк З. К., Шуліковський С. В. Проблеми та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Ковельської територіальної громади. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2023. № 4. Рр.199-212
134. Фесюк В. О., Мороз І. А. Сучасний стан забруднення атмосферного повітря м. Луцька. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія*. 2021. Випуск. 54. С. 250–255.
135. Фесюк В.О., Приходько М.М., Гук Р.В. Екологічні проблеми Володимир-Волинської міської територіальної громади та шляхи їх вирішення. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. 2023. 1(1). С. 96-104.
136. Функціонування державної системи моніторингу довкілля. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichnyj-monitoryng-dovkillya/> (дата звернення: 19.12.2024).
137. Холошин І., Сивий М., Пантелєєва Н., Ганчук О. Геопросторовий моніторинг мережі автомобільних доріг Дніпропетровської області. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. 2024. Вип. 56 (1). С. 77 – 89. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.24.1.10>.
138. Холошин І., Сивий М., Пантелєєва Н., Мазикіна О. Геопросторовий аналіз мережі автомобільних доріг міста Кривий Ріг (Україна) для сталого розвитку

регіону. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Географія*. 2024. Вип 58 (1). С. 183 – 201. DOI: <https://doi.org/10.25128/10.25128/2519-4577.25.1>

139. Царик Л.П., Царик П. Л., Кузик І.Р. Оцінка природно-рекреаційного потенціалу Тернопільської територіальної громади. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*. Cambridge, United Kingdom, May 20 2022. Pp. 372–377. <https://doi.org/10.36074/logos-20.05.2022.110>

140. Царик Л.П., Царик П. Л. Локальна екомережа м. Тернополя. Екологічний бюлетень м. Тернополя. Тернопіль. Терно-граф, 2014. С.107-195.

141. Царик Л.П., Царик П.Л. Локальна екомережа як природоохоронна система міста Тернополя. *Стратегія сучасного міста* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Сімферополь: Кримський інститут бізнесу УЕУ. 2012. С. 138-143.

142. Царик Л. П., Царик П. Л. Потенціал заповідних територій у перспективній екомережі. Тернопільщина: цілі і потенціал сталого природокористування : монографія. Тернопіль : Тайп, 2016. С. 267-297.

143. Царик Л. П., Царик П. Л., Янковська Л. В., Кузик І. Р. Геоекоекологічні параметри компонентів навколишнього середовища міста Тернополя. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. 2019. № 1 (Вип. 46). С. 198-210.

144. Царик Л. П., Янковська Л. В., Кузик І. Р. Водні об'єкти міста Тернопіль: гідрографія, екологічний стан та водопостачання. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. Вип. 37. URL: https://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/284220 (дата звернення: 14.03.2025).

145. Царик Л. П., Янковська Л. В., Кузик І. Р. Водні споруди Тернополя: гідрографія, екологічний стан та водопостачання. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. Вип. 37. С. 22-36. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-37-02>

146. Ціни на проїзд по Україні: найдешевший електротранспорт - у Дніпрі, найдорожчий - у Києві та Тернополі. 20 хвилин. URL: <https://te.20minut.ua/DTP/tsini-na-proyizd-po-ukrayini-naydeshevshiy-transport---u-dnipri-naydor-10668314.html> (дата звернення: 30.05.2024).

147. Челядин Л. І. Наукові засади ресурсозберігаючих технологій та устаткування підвищення екологічної безпеки промислових об'єктів Прикарпаття : дис. д-ра техн. наук : 21.06.01. Івано-Франківськ. 2011. 340 с.

148. Чернюк Г.В., Царик Л.П., Царик П.Л. Морфологічна структура ландшафтів РЛП "Загребелля" і їх трансформаційні зміни. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. 2015. Вип. 2 (39). С. 32-37.

149. Четвертак К. Ю. Напрями ефективного використання коштів місцевих бюджетів в Україні. Актуальні питання фінансової науки та практики: збірник наукових праць кафедри фінансів ім. С. І. Юрія Західноукраїнського національного університету. Вип. 1. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. С. 198-199.

150. Чи впливає динаміка забруднення повітря на динаміку захворюваності в Україні? *Очевидець media. Екологія*. URL: <https://ochevydets.te.ua/2245/%d0%b5%d0%ba%d0%be%d0%bb%d0%be%d0%b3%d1%96%d1%8f-%d1%87%d0%b8-%d0%b2%d0%bf%d0%bb%d0%b8%d0%b2%d0%b0%d1%94-%d0%b4%d0%b8%d0%bd%d0%b0%d0%bc%d1%96%d0%ba%d0%b0-%d0%b7%d0%b0%d0%b1%d1%80%d1%83%d0%b4%d0%bd/> (дата звернення: 17.05.2022).

151. Чисельність населення (за оцінкою) по районах на 1 січня 2022 року та середня чисельність у 2021 році. *Головне управління статистики у Тернопільській області*. URL: https://www.te.ukrstat.gov.ua/files/DS/arxivDS/DS1_202112.htm дата звернення (02.09.2023).

152. Шелудченко Л. С. Екологічна безпека ландшафтів природнотериторіальних комплексів, які трансформовано автотранспортними

мережами. *Екологічна безпека*: зб. наук. праць. Кременчук. 2017. Вип. 2. С. 9 – 13.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2017_2_3

153. Шмандій В. М., Шмандій Е. В. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави. *Екологічна безпека*. 2008. № 1. С. 9-15.

154. Як відбудувати країну кращою, ніж була – поради від Екодії. *Екодія*.
URL: https://ecoaction.org.ua/vidbuduvaty-krainu-krashchoiu.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjws560BhCuARIsAHMqE0EVjF73H6YDypmQYbHzbPiHBBzyLqvsBMRsyq10gwVDt_ogMXIbBTEaAk5fEALw_wcB
дата звернення (07.05.2023).

155. Al-Dabbous A. N., Kumar P. The influence of roadside vegetation barriers on airborne nanoparticles and pedestrians exposure under varying wind conditions. *Atmospheric Environment*. 2014. Vol. 90. P. 113–124.

156. Bénichou , W. Sustainable transport infrastructure development in the system of national economy. *Journal of Economics, Innovative Management and Entrepreneurship*. 2024. Vol. 1. <https://doi.org/10.59652/jeime.v1i1.116>

157. Folkesson A., Anderson C., Alvfors P. та ін. Real life testing of a Hybrid PEM Fuel Cell Bus. *Journal of Power Sources*. 2003. Vol. 118. P. 349–357.

158. Fontaras G., Zacharof N.-G., Ciuffo B. Fuel consumption and CO² emissions from passenger cars in Europe – Laboratory versus real-world emissions. *Progress in energy and combustion science*. May 2017. Vol. 60. Pp. 97 – 131.
<https://doi.org/10.1016/j.pecs.2016.12.004>

159. Gazzola P., Dymchenko O., Sribnyi V., Panova O. Towards Sustainable Urban Development: the Ukrainian situation. *Geopolitical, Social Security and Freedom Journal*. 2019. Vol. 2, No. 2. P. 92–100. DOI: <https://doi.org/10.2478/gssfj-2019-0018>

160. Google maps. URL: https://www.google.com/maps/@49.5539172,25.639974,11702m/data=!3m1!1e3?entry=tu&g_ep=EgoyMDI1MDYwMS4wIKXMDSOASAFQA%3D%3D (дата звернення: 09.03.2022).

161. Graham, J. W., Hofer S. M. Multiple imputation in multivariate research. *Modeling longitudinal and multiple-group data: Practical issues, applied approaches, and specific examples*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 2000. Pp. 201–218.
162. Gruden I., Allain M., Savonen C. Road Mapping Engine Technology for Post-2020 Heavy Duty Vehicles. DDC Super Truck Team. Detroit, 2011. 15 p.
163. Grytsevykh V. S., Podvirna K. Y., Senkiv M. I. Motor transport network in the Western region of Ukraine as a factor of tourism industry development. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*. 2019. № 50. P.p. 88 – 94. URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/13305/12543>
164. JacynaGołda I., Shmygol N., Gavkalova N., Salwin M. Sustainable development of intermodal freight transportation – through the integration of logistics flows in Ukraine and Poland. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, No 1. Article 267. P. – DOI: 10.3390/su16010267
165. Karahalios A., Baglietto L., Carlin J. D., English D. R., Simpson J. A. A review of the reporting and handling of missing data in cohort studies with repeated assessment of exposure measures. *BMC Med Res Methodology*. 2012. 96 p. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-12-96>
166. Katarzyna Janczarska-Bergel. The level of security of public transport as one of the main elements of the quality of transport services based on the example of Krakow (Poland). *Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society*. 2021. Vol. 35 (1). P.p. 96 – 108. <https://doi.org/10.24917/20801653.351.7>
167. Kołós A., Fiedel Ł., Taczanowski J., Parol A., Gwosdz K., Guzik R., Łodziński J. Evolution of second-generation electromobility in public transport in Polish cities. *Transport Geography Papers of Polish Geographical Society*. 2023. Vol. 26 (1). P.p. 22-39. doi: <https://doi.org/10.4467/2543859XPKG.23.002.17399>
168. Latest CO² reading. The Keeling curve. URL: <https://keelingcurve.ucsd.edu/> (дата звернення 04.06.2025).
169. Malytska L., Ladstätter-Weißenmayer A., Galytska E., P. Burrows J. Assessment of environmental consequences of hostilities: Tropospheric NO₂ vertical

column amounts in the atmosphere over Ukraine in 2019–2022. *Atmospheric Environment*. 2024. Vol. 318. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.120281>

170. McPhearson, T., Hamstead, Z.A. & Kremer, P. Urban Ecosystem Services for Resilience Planning and Management in New York City. *AMBIO* 43, 502–515 (2014). <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0509-8>

171. Newman, D. A. Missing Data: Five Practical Guidelines. *Organizational Research Methods*. 2014. Pp. 372–411. <https://doi.org/10.1177/1094428114548590>

172. Radchenko O., Kuczabski A., Boychuk A., Klimovych S. Transport and transport infrastructure of Ukraine in the prewar period (20102021). *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*. 2022. Vol. 25, No 2. P. 7–17. DOI: 10.4467/25.43859X.PKG.22.009.16267

173. Rezaei N., Millard-Ball A. Urban form and its impacts on air pollution and access to green space: A global analysis of 462 cities. *PLoS One*. 2023. Vol. 18, № 1. Article e0278265. DOI: 10.1371/journal.pone.0278265.

174. Smolarz A. Diagnostyka Procesów Spalania Paliw Gazowych, Pyłu Węglowego Oraz Mieszaniny Pyłu Węglowego i Biomasy z Wykorzystaniem Metod Optycznych. Lublin. Politechnika Lubelska. 2013. 137 s. URL: <http://bc.pollub.pl/dlibra/publication/5156/edition/4054?language=pl>. (дата звернення: 12.03.2025).

175. Walczak S., Wojs Ja. Mathematical Model of Transmission System of a Car Equipped With Automatic Clutch. *Машинознавство*. 2008. № 4. С. 38–41.

176. WeatherAPI.com. Rapid-api. URL: <https://rapidapi.com/weatherapi/api/weatherapi-com/> (дата звернення: 20.03.2022).

177. Wu B., Liu C. Impacts of Building Environment and Urban Green Space Features on Urban Air Quality: Focusing on Interaction Effects and Nonlinearity. *Buildings*. 2023. Vol. 13, № 12. Article 3111. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13123111>

178. Yue Z., Liu H. Advanced Research on Internal Combustion Engines and Engine Fuels. *Energies*, 16(16), 5940. 2023. <https://doi.org/10.3390/en16165940>

179. Zhang, G., Little, R. J. A Comparative Study of Doubly-Robust Estimators of the Mean with Missing Data. *Journal of Statistical Computation and Simulation*. 2011. <https://doi.org/10.1080/00949655.2010.516750>

180. Zhang, G., Little, R. J. Extensions of the Penalized Spline of Propensity Prediction Method of Imputation. *Biometrics*, 65. 2009. Pp. 911-918. DOI: [10.1111/j.1541-0420.2008.01155.x](https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2008.01155.x)

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Стандарти Євро для автотранспорту в Україні. Вміст токсичних речовин у вихлопі легкових автомобілів [82, 103]

Стандарт	Дата введення у Європі	Дата введення в Україні	СО (г/км)	ТНС	NM HC	NO _x (г/км)	HC+NO _x (г/км)	PM (г/км)
Євро-1	Липень 1992	-	2,72 (3,16)	-	-	-	0,9(1,13)	0,14(0,18)
Євро-2	Січень 1996	1 січня 2006	1,0	-	-	-	0,7	0,08
Євро-3	Січень 2000	1 січня 2012	0,64	-	-	0,50	0,56	0,05
Євро-4	Січень 2005	1 січня 2014	0,50	-	-	0,25	0,30	0,025
Євро-5	Вересень 2009	1 січня 2016	0,50	0,100	0,068	0,18	0,23	0,005
Євро-6	Вересень 2009	1 січня 2025	0,50	-	-	0,08	-	0,005
Євро-1	Липень 1992	-	2,72(3,16)	-	-	-	0,97(1,13)	-
Євро-2	Січень 1996	1 січня 2006	2,2	-	-	-	0,5	-
Євро-3	Січень 2000	1 січня 2012	1,3	0,20	-	0,15	-	-
Євро-4	Січень 2005	1 січня 2014	1,0	0,10	-	0,08	-	-
Євро-5	Вересень 2009	1 січня 2016	1,0	0,100	0,068	0,060	-	0,005
Євро-6	Вересень 2009	1 січня 2025	1,0	-	-	0,06	-	0,005

Додаток Б

Внесені зміни до Генерального плану Тернополя, 2024 р.

вул. В. Стуса

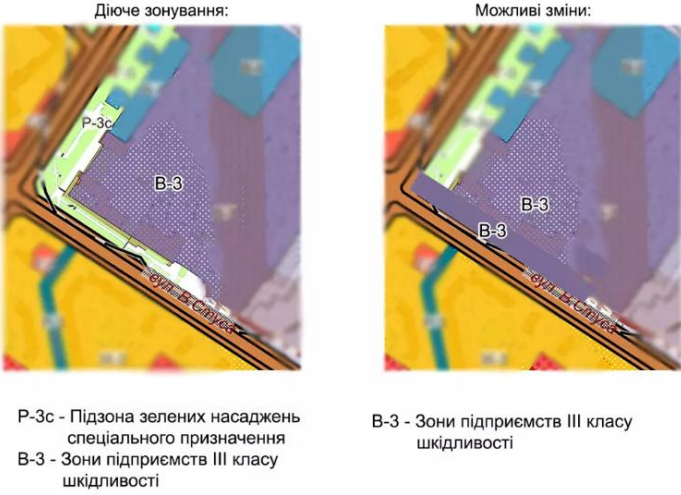


Рис. Б. 1 Вулиця “Василя Стуса”. Зміни станом на 10.02.2024

вул. Максима Кривоноса

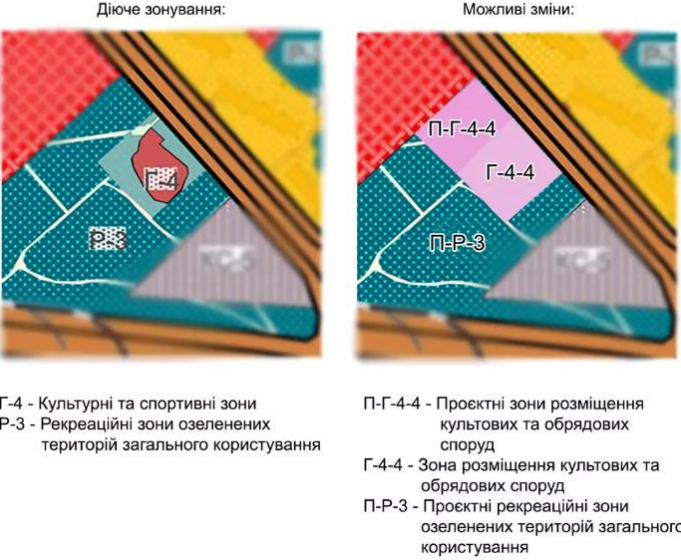


Рис. Б. 2 Вулиця “Максима Кривоноса”. Зміни станом на 10.02.2024

вул. Слівенська - вул. Л. Українки

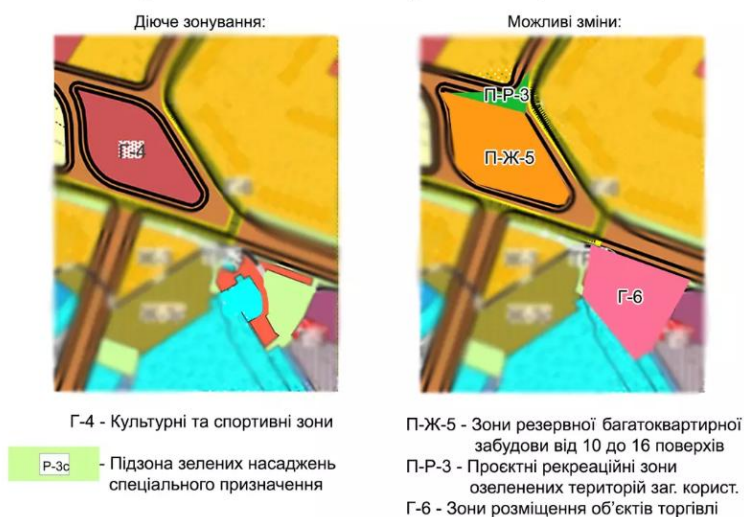


Рис. Б. 3 Вулиця “Слівенська” - вулиця “Лесі Українки”. Зміни станом на 10.02.2024

Пронятинський ліс

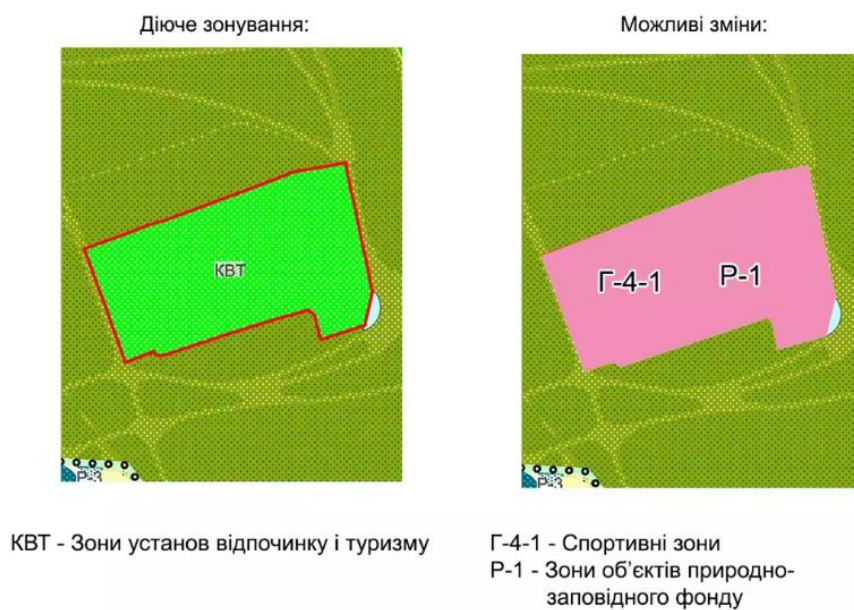


Рис. Б. 4 “Пронятинський ліс”. Зміни станом на 10.02.2024

Проспект Злуки

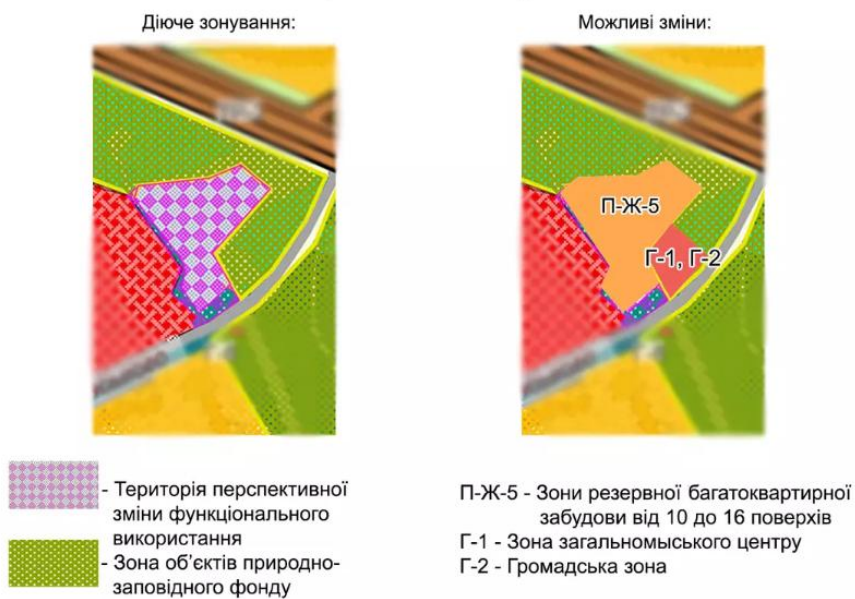


Рис. Б. 5 Проспект “Злуки”. Зміни станом на 10.02.2024

Старий парк



Рис. Б. 6 “Старий парк”. Зміни станом на 10.02.2024

Додаток В

Детальний розподіл видатків бюджету міста Тернополя за період з 2018 по 2021 р.р.

2018



Рис. В.1 Видатки бюджету м. Тернополя в розрізі головних розпорядників коштів за 2018 р.

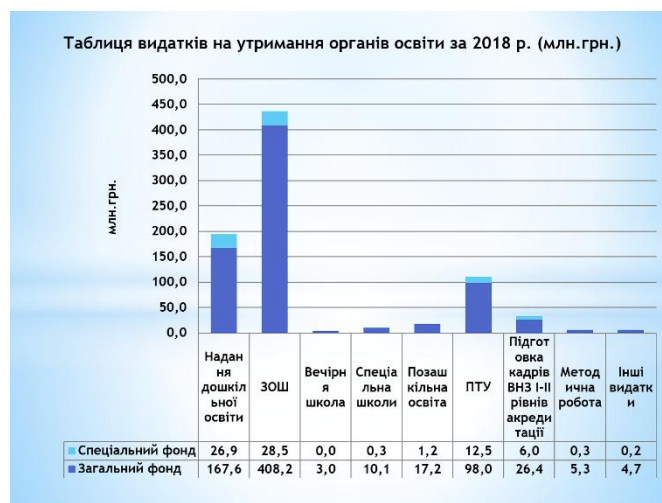


Рис. В.2 Видатки бюджету на галузь “Освіта” за 2018 р.



Рис. В.3 Видатки бюджету на галузь “Охорона здоров'я” за 2018 р.



Рис. В.4 Видатки бюджету на галузь “Соціальний захист” за 2018 р.



Рис. В.5 Видатки бюджету на галузь “Культура” за 2018 р.

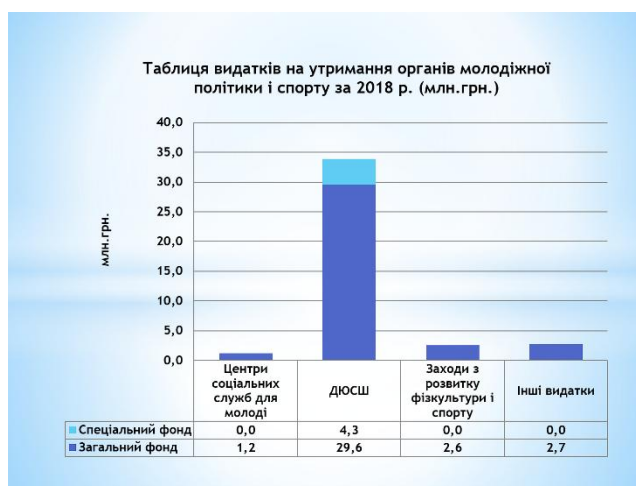


Рис. В.6 Видатки бюджету на галузь “Молодь та спорт” за 2018 р.

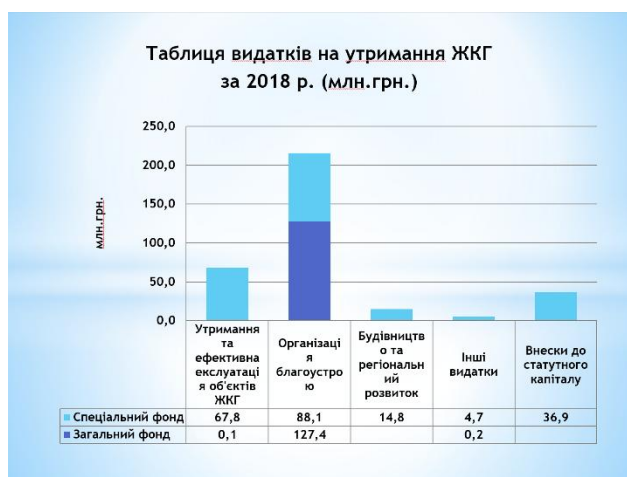


Рис. В.7 Видатки бюджету на галузь “Житлово-комунального” господарства за 2018 р.



Рис. В.8 Видатки бюджету на галузь “Транспорт” за 2018 р.

2019



Рис. В.9 Видатки бюджету м. Тернополя в розрізі головних розпорядників коштів за 2019 р.

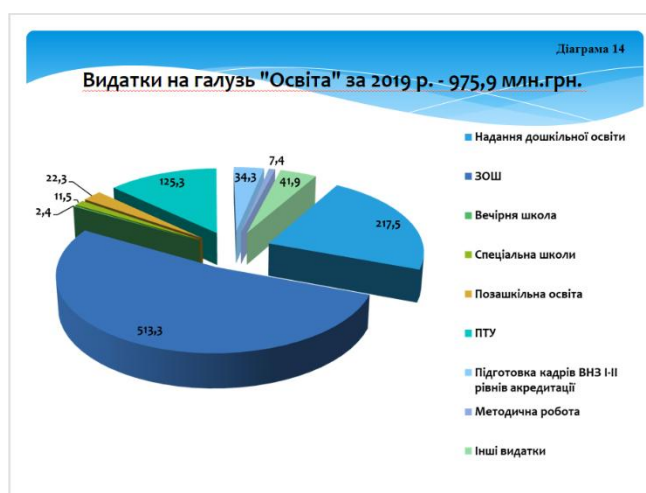


Рис. В.10 Видатки бюджету на галузь "Освіта" за 2019 р.



Рис. В.11 Видатки бюджету на галузь "Охорона здоров'я" за 2019 р.

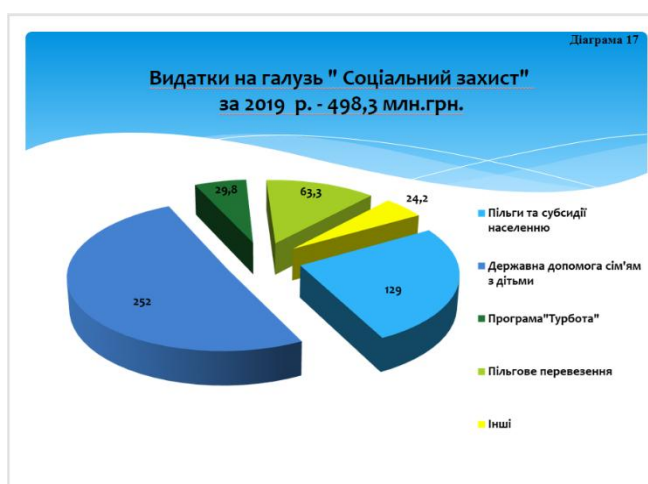


Рис. В.12 Видатки бюджету на галузь "Соціальний захист" за 2019 р.



Рис. В.13 Видатки бюджету на галузь "Житлово-комунальне господарство" за 2019 р.

2020



Рис. В.14 Видатки бюджету м. Тернополя в розрізі головних розпорядників коштів за 2020 р.

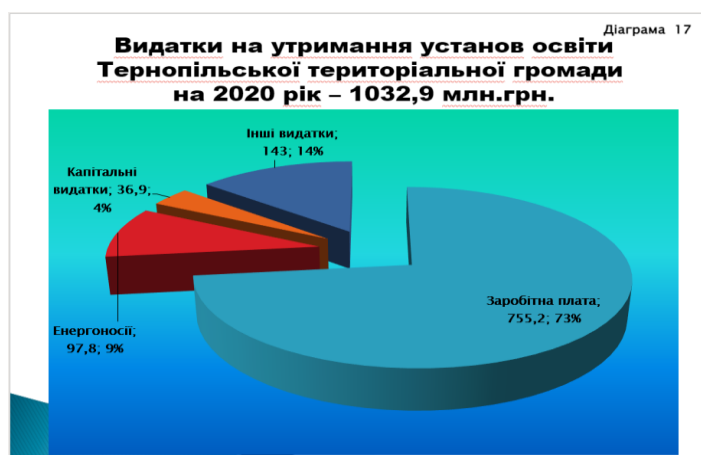


Рис. В.15 Видатки бюджету на галузь "Освіта" за 2020 р.



Рис. В.16 Видатки бюджету на галузь “Охорона здоров’я” за 2020 р.



Рис. В.17 Видатки бюджету на галузь “Соціальний захист” за 2020 р.

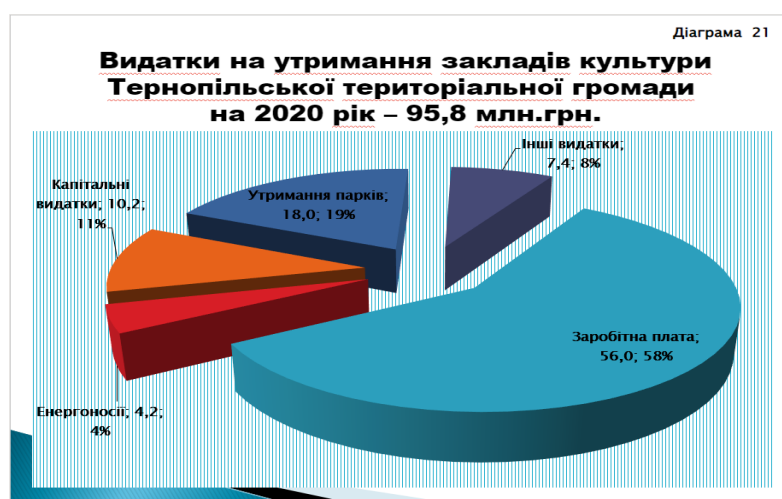


Рис. В.18 Видатки бюджету на галузь “Культура” за 2020 р.



Рис. В. 19 Видатки бюджету на галузь “Молодь та спорт” за 2020 р.



Рис. В.20 Видатки бюджету на галузь “Житлово-комунальне господарство” за 2020 р.

2021

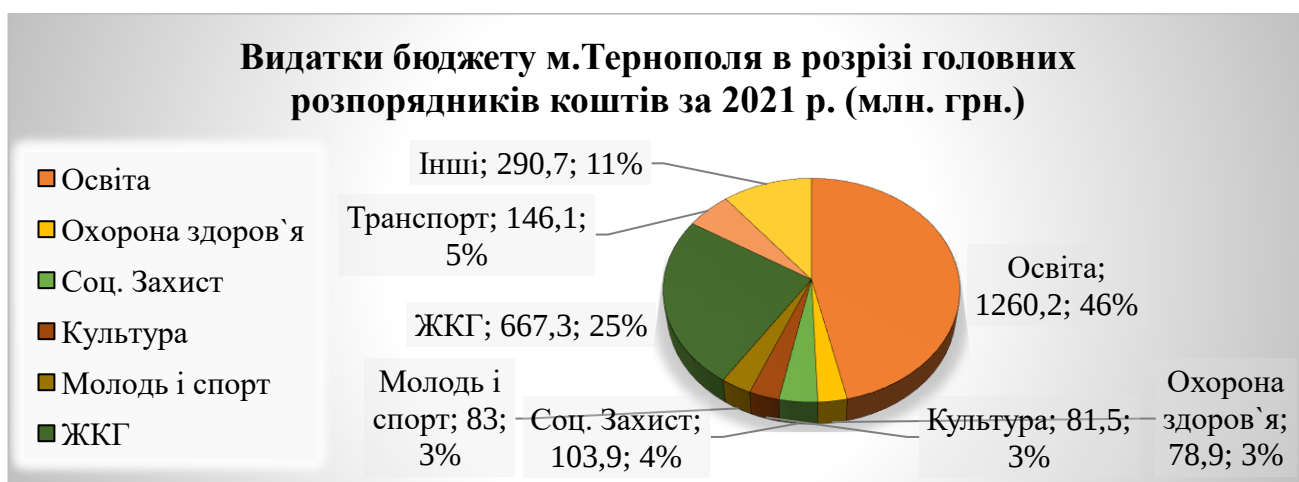


Рис. В.21 Видатки бюджету м. Тернополя в розрізі головних розпорядників коштів за 2021 р.



Рис. В. 22 Видатки бюджету на галузь “Освіта” за 2021 р.



Рис. В.23 Видатки бюджету на галузь “Охорона здоров'я” за 2021 р.



Рис. В.24 Видатки бюджету на галузь “Соціальний захист” за 2021 р.



Рис. В.25 Видатки бюджету на галузь “Культура” за 2021 р.



Рис. В.26 Видатки бюджету на галузь “Молодь та спорт” за 2021р.



Рис. В.27 Видатки бюджету на галузь “Житлово-комунальне господарство” за 2021 р.

Додаток Г

Поділ місяців за циклональними та антициклональними характеристиками за 2021 та 2023 р.р.

2021 [176]

1. Січень.

Середня температура -1,94 вказує на *циклональний* характер. Високий рівень хмарності на день вказує на *циклон*. Низький тиск - *циклон*. Сильний вітер - *циклон*. Рівень опадів близький до 1мм на день - *циклон*.

Циклональний місяць.

2. Лютий.

Середня температура на день свідчить про *антициклон*. Рівень хмарності високий, це характерно для *циклону*. Показник тиску один з найвищих у році – *антициклон*. Сильний вітер – *циклон*. Високий рівень опадів – *циклон*.

Змішаний місяць.

3. Березень.

Середній показник температури за день додатній. Все ж низький для березня – *антициклон*. Хмарність більше 50% - *циклон*. Високий тиск – *антициклон*. Вітер більше 4 м/с – *циклон*. Рівень опадів вказує на *циклональні* впливи.

Змішаний місяць.

4. Квітень.

Температура – *циклон*. Хмарність – *циклон*. Тиск більше 760 мм.рт.ст. – *антициклональний* вплив. Швидкість вітру близька до характеристик *циклону*. Опади вказують на *циклональну* активність.

Циклональний місяць.

5. Травень.

Високий середній показник температури – *циклон*. Хмарність вище 50% - *циклон*. Тиск – *антициклон*. Показник вітру – *циклон*. Найвища к-ть опадів на день у році – *циклон*.

Циклональний місяць.

6. Червень.

Висока температура вказує на *антициклон*. Хмарність *циклонального* характеру. Високий тиск свідчить про *антициклон*. Швидкість вітру - *антициклон*. Рівень опадів – *циклон*.

Антициклональний місяць.

7. Липень.

Температура *антициклонального* характеру. Показник хмарності вказує на *антициклон*. Високий тиск – *антициклон*. Швидкість вітру – *антициклон*. Рівень опадів – *циклон*.

Антициклональний місяць.

8. Серпень.

Температура – *циклон*. Хмарність – *антициклон*. Тиск – *антициклон*. Середня швидкість вітру – *антициклон*. Рівень опадів – *антициклон*.

Антициклональний місяць.

9. Вересень.

Висока температура для осіннього періоду свідчить про *циклон*. Хмарність нижче середнього вказує на *антициклональну* активність. Високий тиск – *антициклон*. Швидкість вітру характерна для *антициклону*. Рівень опадів – *циклон*.

Антициклональний місяць.

10. Жовтень.

Середня температура – *антициклон*. Найнижчий рівень хмарності за рік – *антициклон*. Дуже високий тиск вказує на *антициклон*. Висока швидкість вітру – *циклон*. Опади мають *антициклональний* характер.

Антициклональний місяць.

11. Листопад.

Температура *антициклонального* характеру. Невисокий рівень хмарності – *антициклон*. Високий тиск – *антициклон*. Швидкість вітру більше 4 м/с – *циклон*. Низький рівень опадів – *антициклон*.

Антициклональний місяць.

12. Грудень.

Температура $-1,5^{\circ}\text{C}$ відносно тепла для цього періоду. Це вказує на *циклон*. Найвищий показник хмарності за весь рік – *циклон*. Тиск – *антициклон*. Швидкість вітру більше 4 м/с – *циклон*. Високий рівень опадів – *циклон*.

Циклональний місяць.

- *Циклональні місяці*: січень, квітень, травень, грудень.
- *Антициклональні місяці*: червень, липень, серпень, листопад.
- *Змішані місяці*: лютий, березень.

2023 [176]

1. Січень.

Додатня середня температура на день – *циклон*. Висока хмарність – *циклон*. Показник тиску вище 760 мм.рт.ст. – *антициклон*. Швидкість вітру – *циклон*. Рівень опадів – *циклон*.

Циклональний місяць.

2. Лютий.

Середня температура тепла для цієї пори року – *циклон*. Хмарність – *циклон*. Високий тиск – *антициклон*. Швидкість вітру – *циклон*. Опади *циклонального* характеру.

Циклональний місяць.

3. Березень.

Температура невисока для весни – *антициклон*. Хмарність перевищує показник 50% - *циклон*. Тиск – *циклон*. Середня швидкість вітру вказує на *циклональну* активність. Рівень опадів – *циклон*.

Циклональний місяць.

4. Квітень.

Температура – *циклон*. Високий % хмарності на день – *циклон*. Тиск більше 760 мм.рт.ст. – *антициклон*. Швидкість вітру *антициклонального* характеру. Значний рівень опадів – *циклон*.

Змішаний місяць.

5. Травень.

Висока температура для весни – *циклон*. Малохмарна погода – *антициклон*. Високий тиск – *антициклон*. Середня швидкість вітру у день менше 4 м/с – *антициклон*. Рівень опадів низький – *антициклон*.

Антициклональний місяць.

6. Червень.

Температура – *циклон*. Хмарність – *циклон*. Тиск високий – *антициклон*. Швидкість вітру – *антициклон*. Найвищий рівень опадів у році – *циклон*.

Змішаний місяць.

7. Липень.

Температура – *антициклон*. Хмарність вказує на *антициклональну* діяльність.
 Тиск – *антициклон*. Висока швидкість вітру – *циклон*. Рівень опадів – *циклон*.
Антициклональний місяць.

8. Серпень.

Температура – *антициклон*. Хмарність – *антициклон*. Тиск – *антициклон*.
 Швидкість вітру – *антициклон*. Рівень опадів – *антициклон* (відповідно до таблиці).
Антициклональний місяць.

9. Вересень.

Температура – *циклон*. Низький % хмарності – *антициклон*. Тиск – *антициклон*.
 Швидкість вітру – *антициклон*. Рівень опадів – *циклон*.
Антициклональний місяць.

10. Жовтень.

Температура – *циклон*. Хмарність – *антициклон*. Тиск – *антициклон*.
 Швидкість вітру – *циклон*. Опади – *циклон*.
Змішаний місяць.

11. Листопад.

Температура низька для осені – *антициклон*. Рівень хмарності свідчить про *циклональну* діяльність. Дуже низький показник тиску – *циклон*. Середня швидкість вітру найвища в році – *циклон*. Рівень опадів – *циклон*.
Циклональний місяць.

12. Грудень.

Середня температура додатня – *циклон*. Висока хмарність – *циклон*. Високий тиск – *антициклон*. Сильний вітер – *циклон*. Рівень опадів вказує на *циклональну* активність.
Циклональний місяць.

- *Циклональні місяці*: січень, лютий, березень, листопад, грудень.
- *Антициклональні місяці*: травень, липень, серпень, вересень.
- *Змішані місяці*: квітень, червень, жовтень.

Додаток Г

Середній показник кількості автотранспорту на добу для 2019 р., 2021 р. та 2023 р. по вулиці Руська та проспекту Степана Бандери

- 2019 рік - 27 592,16 одиниць автотранспорту за добу.
- 2021 рік - 45 784,72 одиниць автотранспорту за добу.
- 2023 рік - 65 391,84 одиниць автотранспорту за добу.

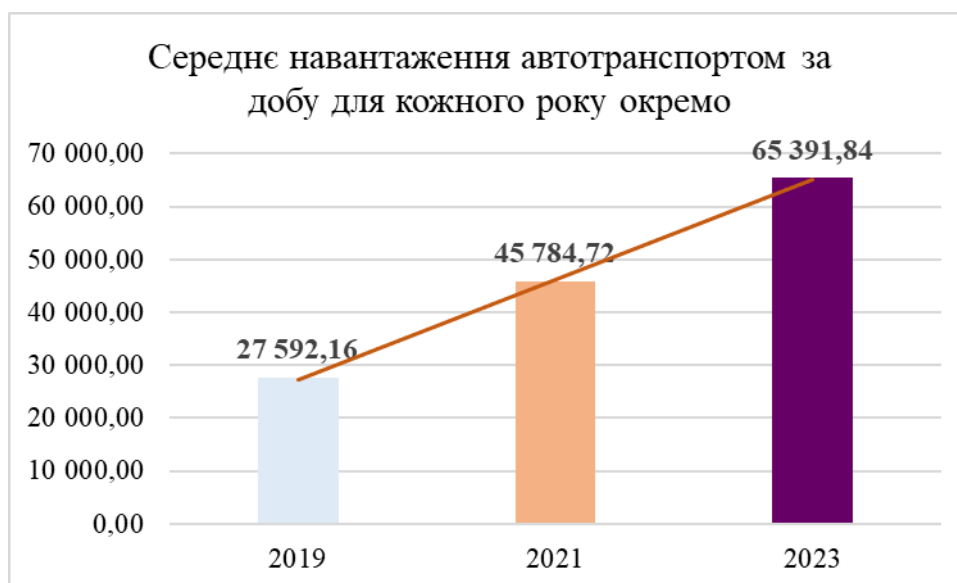


Рис. Г. 1 Середнє навантаження одиниць автотранспорту за добу для кожного року окремо

Додаток Д
Рівень концентрації СО для кожної ділянки за 2021 та 2023 р.р.

2019

2. Ділянки №2 - №5, включно. Середній показник інтенсивності руху:

Таблиця Д.1

Визначення концентрації СО для ділянок №2 – №5, включно

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	4	4,09	77,46	Регульоване зі світлофорами, звичайне	996,84

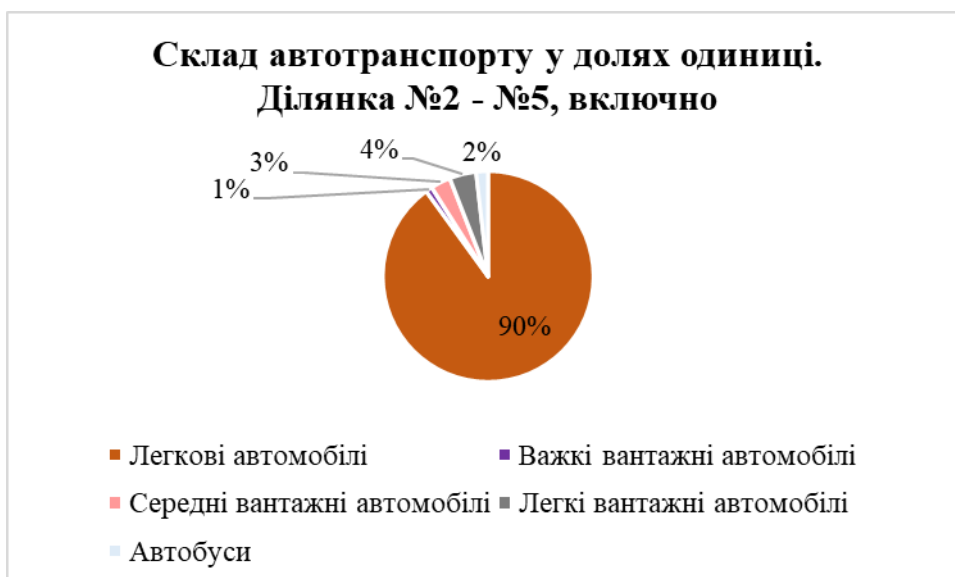


Рис. Д.1 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянки №2 - №5, включно, %

$$\begin{aligned}
 K_T &= 0,88 * 1 + 0,01 * 0,2 + 0,03 * 2,9 + 0,04 * 2,3 + 0,018 * 3,7 = 0,88 + 0,002 + 0,087 \\
 &+ 0,092 + 0,066 = 1,127
 \end{aligned}$$

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 * 996,84 * 1,127) * 1 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 11,734 * 1 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 31,18$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину - **996,84**.

Концентрація СО - **31,18** що перевищує ГДК в **6,23** рази.

3. Ділянка №6. Перехрестя. Проспект Степана Бандери - вулиця Слівенська - вулиця Коновальця (Обнова):

Таблиця Д.2

Визначення концентрації СО для ділянки № 6

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м /с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	2	4,09	77,46	Регульоване зі світлофорами, звичайне	1 655,88

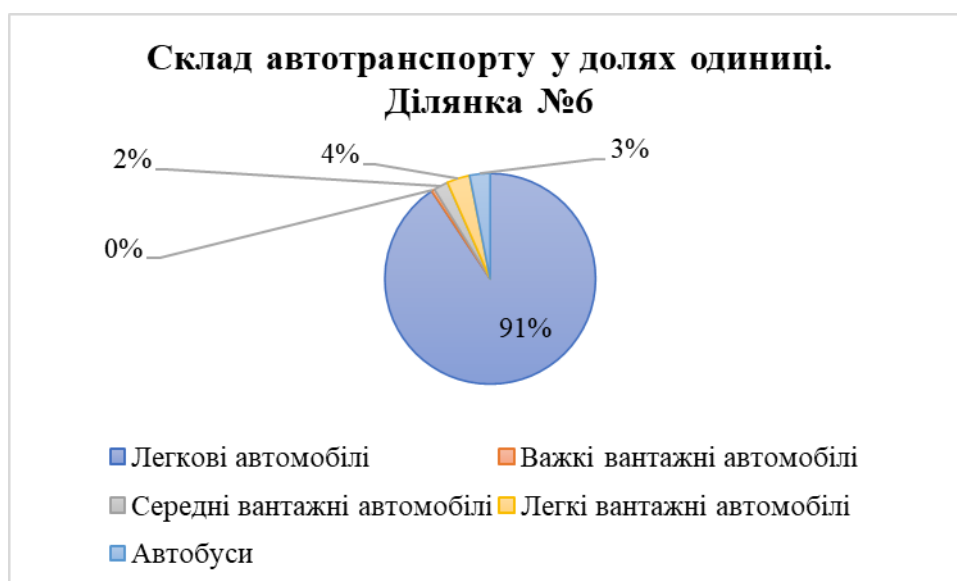


Рис. Д.2 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №6, %

$$K_T = 0,9 * 1 + 0,005 * 0,2 + 0,022 * 2,9 + 0,035 * 2,3 + 0,031 * 3,7 = 0,9 + 0,01 + 0,0638 + 0,0805 + 0,1147 = \mathbf{1,169}$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 1\,655,88 * 1,169) * 1 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 19,85 * 1 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = \mathbf{52,265}$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину - **1 655,88** одиниць.

Концентрація CO - **52,26** що перевищує ГДК в **10,45** разів.

4. Ділянки №7 та №8. Середній показник інтенсивності руху:

Таблиця Д.3

Визначення концентрації CO для ділянок №7 та №8

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	2	4,09	77,46	1,3	733,44

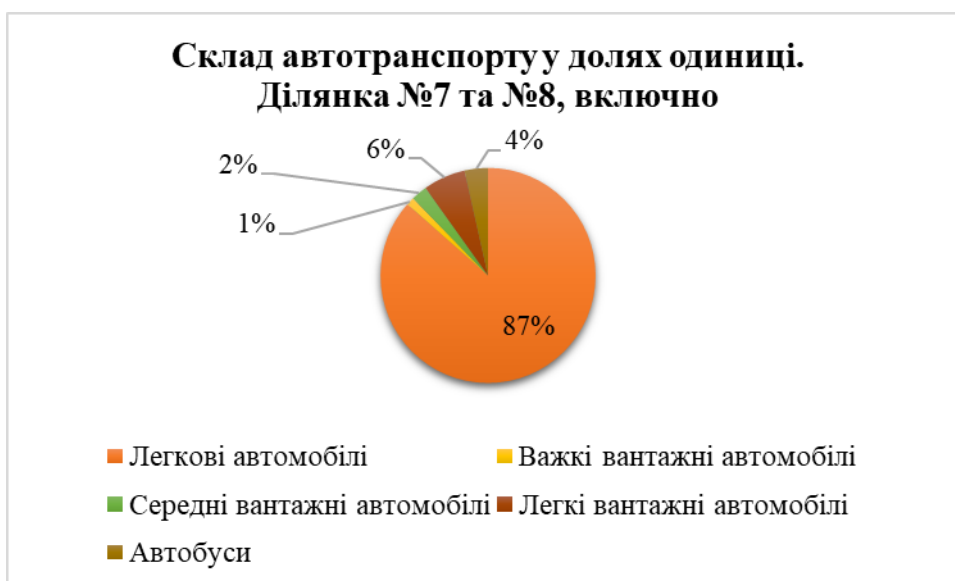


Рис. Д.3 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянки №7 та №8, %

$$K_T = 0,86 * 1 + 0,012 * 0,2 + 0,024 * 2,9 + 0,063 * 2,3 + 0,035 * 3,7 = 0,86 + 0,0024 + 0,069 + 0,144 + 0,129 = \mathbf{1,204}$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 733,44 * 1,195) * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,3 = 9,33 * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,3 = \mathbf{7,09}$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину - **733,44** одиниці. Концентрація CO - **7,09** що перевищує ГДК в **1,41** рази.

5. Ділянка №9. Вул. Протасевича 2 - 4 (від Збаразького кільця в сторону вул. Л. Українки):

Таблиця Д.4

Визначення концентрації CO для ділянки № 9

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м /с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
------------	------------------	--	---	----------------	--

			показник / день)		
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	2	4,09	77,46	Нерегульоване, кільцеве	1 254,96



Рис. Д.4 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №9, %

$$K_t = 0,85 * 1 + 0,014 * 0,2 + 0,04 * 2,9 + 0,062 * 2,3 + 0,03 * 3,7 = 0,85 + 0,0028 + 0,116 + 0,1426 + 0,111 = 1,22$$

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 * 1\,254,96 * 1,22) * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 2,2 = 15,81 * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 2,2 = 20,321.$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину - **1 254,96** одиниць. Концентрація СО - **20,321** що перевищує ГДК в **4,0** рази.

2021

1. Ділянка №1. Перехрестя. Вулиця Руська - вулиця Старий Поділ (Нижче церкви воздвиження Чесного Хреста ПЦУ):

Таблиця Д.5

Визначення концентрації СО для ділянки № 1

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	4	3,97	77,27	Регульоване зі світлофорами, звичайне	3 831



Рис. Д.5 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №1, %

$$K_T = 0,79 * 1 + 0,008 * 0,2 + 0,076 * 2,9 + 0,084 * 2,3 + 0,04 * 3,7 = 0,79 + 0,0016 + 0,22 + 0,19 + 0,148 = \mathbf{1,349}$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 3\,831 * 1,349) * 0,6 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 52,18 * 0,6 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = \mathbf{83,21}$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **3 831** одиниць.

Концентрація СО - **83,21** що перевищує ГДК в **16,64** разів.

2. Ділянки №2 - №5, включно. Середній показник інтенсивності руху:

Таблиця Д.6

Визначення концентрації СО для ділянок №2 – №5, включно

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	4	3,97	77,27	Регульоване зі світлофорами, звичайне	1 381,06



Рис. Д.6 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянки №2 - №5, включно, %

$$K_T = 0,88 * 1 + 0,01 * 0,2 + 0,03 * 2,9 + 0,04 * 2,3 + 0,018 * 3,7 = 0,88 + 0,002 + 0,087 + 0,092 + 0,06 = 1,12$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 1\,381,06 * 1,12) * 1 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 15,96 * 1 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 41,7$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **1 381,06** одиниць.

Концентрація СО - **41,7** що перевищує ГДК в **8,34** рази.

3. Ділянка №6. Перехрестя. Проспект Степана Бандери - вулиця Слівенська - вулиця Коновальця (Обнова):

Таблиця Д.7

Визначення концентрації СО для ділянки № 6

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м/с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	2	3,97	77,27	Регульоване зі світлофорами, звичайне	2 852,01



Рис. Д.7 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №6, %

$$K_T = 0,9 * 1 + 0,005 * 0,2 + 0,022 * 2,9 + 0,035 * 2,3 + 0,031 * 3,7 = 0,9 + 0,001 + 0,063 + 0,08 + 0,11 = 1,154$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 2\,852,01 * 1,154) * 1 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 33,41 * 1 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 87,96$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **1 852,01** одиниць.

Концентрація СО - **87,96** що перевищує ГДК в **17,59** разів.

4. Ділянки №7 та №8. Середній показник інтенсивності руху:

Таблиця Д.8

Визначення концентрації СО для ділянок №7 та №8

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	2	3,97	77,27	1,3	2 742,07

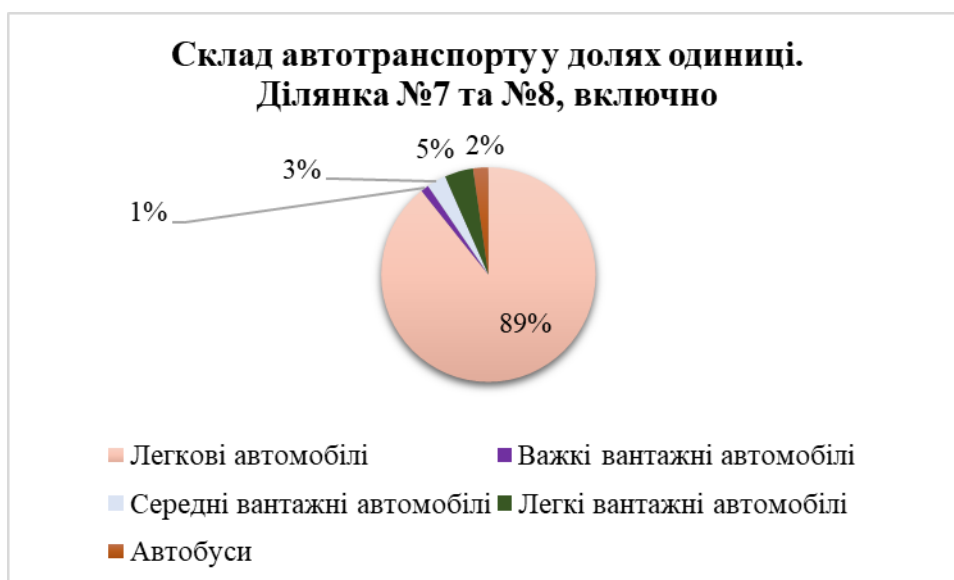


Рис. Д.8 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянки №7 та №8, %

$$K_T = 0,89 * 1 + 0,012 * 0,2 + 0,024 * 2,9 + 0,063 * 2,3 + 0,035 * 3,7 = 0,89 + 0,0024 + 0,069 + 1,144 + 0,129 = 2,234$$

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 * 2\,742,07 * 2,234) * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,3 = 61,75 * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,3 = 46,97$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **1 742,07** одиниць.

Концентрація СО - **46,97** що перевищує ГДК в **9,39** разів.

5. Ділянка №9. Вул. Протасевича 2 - 4 (від Збаразького кільця в сторону вул. Л. Українки):

Таблиця Д.9

Визначення концентрації СО для ділянки № 9

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м/с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	2	3,97	77,27	Нерегульоване, кільцеве	2 541



Рис. Д.9 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №9, %

$$K_T = 0,85 * 1 + 0,014 * 0,2 + 0,04 * 2,9 + 0,062 * 2,3 + 0,03 * 3,7 = 0,85 + 0,0028 + 0,116 + 0,142 + 0,111 = 1,221$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 2\,541 * 1,221) * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 2,2 = 31,5 * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 2,2 = 40,548$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **1 541** одиниця.

Концентрація СО - **40,54** що перевищує ГДК в **8,1** разів.

2023

1. Ділянка №1. Перехрестя. Вулиця Руська - вулиця Старий Поділ (Нижче церкви воздвиження Чесного Хреста ПЦУ):

Таблиця Д.10

Визначення концентрації СО для ділянки № 1

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	4	4,003	75,22	Регульоване зі світлофорами, звичайне	4 549,98



Рис. Д.10 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №1, %

$$K_t = 0,78 * 1 + 0,01 * 0,2 + 0,066 * 2,9 + 0,095 * 2,3 + 0,04 * 3,7 = 0,78 + 0,002 + 0,194 + 0,218 + 0,148 = \mathbf{1,342}$$

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 * 4\,549,98 * 1,342) * 0,6 * 1,07 * 1,07 * 1,15 * 1,8 = 61,56 * 0,6 * 1,07 * 1,07 * 1,15 * 1,8 = \mathbf{81,81}$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **4 549,98** одиниць.

Концентрація CO - **81,81** що перевищує ГДК в **16,36** разів.

2. Ділянки №2 - №5, включно. Середній показник інтенсивності руху:

Таблиця Д.11

Визначення концентрації CO для ділянок №2 – №5, включно

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою	4	4,003	75,22	Регульоване зі світлофорами, звичайне	2 411,24

забудовою з двох сторін					
-------------------------	--	--	--	--	--



Рис. Д.11 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянки №2 - №5, включно, %

$$K_T = 0,78 * 1 + 0,01 * 0,2 + 0,066 * 2,9 + 0,095 * 2,3 + 0,04 * 3,7 = 0,78 + 0,002 + 0,191 + 0,218 + 0,148 = 1,339$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 2\,411,24 * 1,339) * 1 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 32,78 * 1 * 1,07 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 87,125$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **2 411,24** одиниці.

Концентрація CO - **87,12** що перевищує ГДК в **17,42** рази.

3. Ділянка №6. Перехрестя. Проспект Степана Бандери - вулиця Слівенська - вулиця Коновальця (Обнова):

Таблиця Д.12

Визначення концентрації CO для ділянки № 6

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м/с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	2	4,003	75,22	Регульоване зі світлофорами, звичайне	3 954,99



Рис. Д.12 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №6, %

$$K_T = 0,84 * 1 + 0,009 * 0,2 + 0,057 * 2,9 + 0,064 * 2,3 + 0,029 * 3,7 = 0,84 + 0,0018 + 0,165 + 0,14 + 0,107 = \mathbf{1,254}$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 3\,954,99 * 1,254) * 1 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = 50,095 * 1 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,8 = \mathbf{131,903}$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **3 954,99** одиниць.

Концентрація CO - **131,90** що перевищує ГДК в **26,38** разів.

4. Ділянки №7 та №8. Середній показник інтенсивності руху:

Таблиця Д.13

Визначення концентрації CO для ділянок № 7, 8

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м / с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	2	4,003	75,22	1,3	3 367,35



Рис. Д.13 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянки №7 та №8, %

$$K_T = 0,89 * 1 + 0,012 * 0,2 + 0,029 * 2,9 + 0,043 * 2,3 + 0,023 * 3,7 = 0,89 + 0,0024 + 0,0841 + 0,098 + 0,085 = \mathbf{1,159}$$

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * 3\,367,35 * 1,159) * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,3 = 39,527 * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 1,3 = \mathbf{30,06}$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **3 367,35** одиниць.

Концентрація CO - **30,06** що перевищує ГДК в **6,01** разів.

5. Ділянка №9. Вул. Протасевича 2 - 4 (від Збаразького кільця в сторону вул. Л. Українки):

Таблиця Д.14

Визначення концентрації СО для ділянки № 9

Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру, м /с (середній показник / день)	Відносна вологість повітря, % (середній показник / день)	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів за годину
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	2	4,003	75,22	Нерегульоване, кільцеве	3 454,02



Рис. Д.14 Склад автотранспорту у долях одиниці. Ділянка №9, %

$$K_t = 0,84 * 1 + 0,014 * 0,2 + 0,054 * 2,9 + 0,061 * 2,3 + 0,024 * 3,7 = 0,84 + 0,0028 + 0,156 + 0,14 + 0,0888 = 1,22$$

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 * 3\,454,02 * 1,22) * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 2,2 = 42,63 * 0,4 * 1,06 * 1,2 * 1,15 * 2,2 = 54,88$$

Інтенсивність руху автотранспорту на годину – **3 454,02** одиниці.

Концентрація СО - **54,88** що перевищує ГДК в **10,97** разів.