

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE ROAD TRANSPORT IMPACT ON THE
ENVIRONMENT



Лук'янова Віталіна Віталіївна, кандидат хімічних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу ядерно-фізичних технологій, Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», м. Київ, Україна, e-mail: vitalina_lk@i.ua, тел. +380677985533,

<https://orcid.org/0000-0001-8964-3560>



Лисак Роксолана Станіславівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, e-mail: lysakroksolana@gmail.com, тел. +380979756341,

<https://orcid.org/0000-0002-2776-5623>



Соловйова Любов Маратівна, кандидат історичних наук, доцент, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, Україна, e-mail: solovyova_lm@gsuite.duit.edu.ua, тел. +380675850969,

<https://orcid.org/0000-0002-9559-6104>



Сорочинська Олена Леонідівна, кандидат історичних наук, доцент, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, Україна, e-mail: sorochynska_ol@gsuite.duit.edu.ua, тел. +380677626178,

<https://orcid.org/0000-0003-2477-1275>

Анотація. Оцінка впливу на навколишнє природне середовище автомобільного транспорту є серйозною проблемою, яка потребує негайного вирішення. Інтенсивний розвиток автомобільного транспорту пов'язаний зі збільшенням антропогенного навантаження на навколишнє середовище у вигляді вихлопних газів, які містять понад 200 забруднюючих речовин, утворення відходів, забруднення водних об'єктів та ґрунтів. Ця проблема стосується не лише екологічної оцінки стану міст та населених пунктів, а й оцінки стану міжміських доріг, автошляхів, які проходять через природні зони та природоохоронні території. Особливо гостро ця проблема стоїть в індустріально насичених центрах і великих містах України. У зв'язку з цим актуалізуються питання вдосконалення методів оцінки впливу транспортних засобів на навколишнє середовище з метою пошуку резервів зниження еколого-економічного збитку, що наноситься біосфері. Оцінка впливу на довкілля, що здійснюються відповідно до державних законодавчих актів, є складовими системи екологічної оцінки. В роботі показано, що при оцінці впливу на довкілля автомобільного транспорту слід враховувати повний життєвий цикл автотранспортного засобу. Тому, в роботі було проведено дослідження життєвого циклу автомобіля від видобутку корисних копалин до утилізації автотранспортного засобу та оцінено його вплив на довкілля. Оцінка виробничих процесів та продукції за повний життєвий цикл автомобіля є дуже складною, так як пов'язана зі збором інформації про багато виробничих процесів, що протікають, в тому числі і за межами підприємства. Слід відмітити, що інформація, отримана при оцінці автомобільного засобу за повний життєвий цикл, дозволяє винайти шляхи вдосконалення конструкції автомобіля та технологічних процесів його виробництва, а також зменшити негативний вплив на довкілля. Тому, в роботі було визначено основні параметри та фактори впливу на довкілля автомобільного транспорту. Розглянуто можливі математичні моделі впливу автомобільного транспорту на довкілля, зокрема на гідросферу.

Ключові слова: автомобільний транспорт, життєвий цикл автомобіля, вплив на довкілля

Вступ. Автомобільний транспорт є невід'ємною частиною життя сучасного суспільства. Автомобілі забезпечують людей та товари необхідним транспортним зв'язком. Але на жаль, разом із зручністю автомобілів приходить і їх негативний вплив на навколишнє природне середовище [1-3]. Актуальним є питання оцінки впливу автомобільного транспорту на довкілля. Особливо актуальним постало це питання з моменту впровадження європейського законодавства в Україні.

Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (далі – Закон про ОВД) [4] почав діяти з грудня 2017 року разом з відкритим Єдиним реєстром. Необхідність прийняття цього Закону була зумовлена міжнародними зобов'язаннями України, які випливають з Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства та Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, Конвенції про доступ до інформації, Конвенції про оцінку впливу на довкілля у транскордонному контексті. Впровадження цього Закону має на меті забезпечення, того щоб проекти, плани і програми, які можуть мати значні наслідки для довкілля, проходили оцінку, та, відповідно сприятиме зменшенню негативного впливу на довкілля. Практичне застосування Закону про ОВД призвело до необхідності внесення до нього змін у поєднанні з впровадженням додаткових інструментів.

Тому, з метою наближення до європейських стандартів, а саме контролю ступеня забруднення довкілля та забезпечення права громадян на безпечне навколишнє середовище, існує необхідність оцінки впливу на довкілля автомобільного транспорту та методів і підходів до їх кількісного визначення [5, 6].

Метою роботи є визначення основних параметрів та факторів впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **задачі**: провести аналіз життєвого циклу автомобіля на навколишнє середовище; визначити етапи життєвого циклу автомобілебудування та надати їх характеристику; визначити математичну модель впливу автомобільного транспорту на довкілля та описати її за допомогою різних параметрів та факторів.

Для дослідження використані методи теоретичного й емпіричного дослідження, основними з яких є системний підхід, методи аналізу та синтезу (порівняння, аналогія, абстрагування, формалізація, класифікація).

Виклад основного матеріалу дослідження і отриманих результатів.

Автомобільна промисловість та автомобільний транспорт є основними споживачами енергії, природних ресурсів і одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря (рис. 1). Особливо велика роль автомобільного транспорту в забрудненні атмосфери міст, що становить 60-80% у великих містах. До недавнього часу шкідливий вплив автомобілів на навколишнє середовище і людину оцінювалося в основному на етапі експлуатації по викиду шкідливих речовин з вихлопними газами.



Рисунок 1 – Вплив автомобіля на довкілля
(створено авторами на основі джерел [1-3, 7, 10-12]).

Figure 1 – Impact of the car on the environment
(created by the authors based on sources [1-3, 7, 10-12]).

Викиди газів від автомобілів, таких як вуглекислий газ, оксиди азоту та сірки, метан та інші, негативно впливають на якість повітря у зоні дії автотранспорту та його забруднення [7]. Це може мати негативний вплив на здоров'я людей, особливо на тих, хто має проблеми з дихальною системою. Викиди автотранспорту також сприяють глобальному потеплінню, яке може призвести до зміни клімату та природних катастроф.

Крім того, автотранспорт також є джерелом шуму [8], який може бути шкідливим для здоров'я людей та тварин, що живуть в зоні дії автотранспорту. Великі потоки автомобілів можуть також мати негативний вплив на водні ресурси та ґрунт, особливо якщо дороги пролягають через природні зони, такі як ліси чи болота.

Ще однією проблемою, пов'язаною з автомобільним транспортом, є забруднення гідросфери [9] та ґрунту. Розливи нафти та інших шкідливих речовин можуть спричинити серйозне забруднення водних ресурсів, що може мати негативний вплив на тваринний та рослинний світ. Також забруднення ґрунту може спричинити загибель рослин та інших організмів, порушення функціонування екосистем.

На сьогодні актуальним є системний підхід до життєвого циклу автомобіля. Тому, актуальним є дослідження етапів життєвого циклу автомобілебудування. Систематизація життєвого циклу процесів автомобілебудування – це організація та управління процесами виробництва автомобілів, яка базується на стандартах та методологіях управління якістю. Цей цикл складається з кількох етапів (рис. 2):



Рисунок 2 – Етапи життєвого циклу процесів автомобілебудування
Figure 2 – Stages of the life cycle of automobile manufacturing processes

Розглянемо кожен етап життєвого циклу автомобіля більш детально (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристика етапів життєвого циклу автомобіля.
Table 1 – Characteristics of car life cycle stages.

Етап	Характеристика, опис
Розробка проекту автомобіля	на цьому етапі визначаються технічні вимоги до автомобіля, проводиться розробка концепції, проектування та тестування прототипу.
Виробництво автомобіля	етап включає в себе видобування корисних копалин, закупівлю матеріалів та комплектуючих, виробництво деталей, збірку автомобіля та його тестування.
Експлуатація автомобіля	етап починається з продажу автомобіля та його передачі в руки споживача. Експлуатація автомобіля включає в себе періодичне технічне обслуговування та ремонт, які забезпечують безпеку та надійність роботи автомобіля.
Рециклінг автомобіля	цей етап включає в себе збір та переробку старих автомобілів з метою повторного використання матеріалів та комплектуючих.

У кожному з цих етапів важливо забезпечити високу якість продукції та процесів виробництва. Для цього використовуються різні методи та стандарти управління якістю, такі як ISO 9001, Six Sigma та Lean Manufacturing. Окрім того, на кожному етапі проводяться контрольні дії, які дозволяють вчасно виявляти та виправляти можливі невідповідності до вимог якості та безпеки.

Математичну модель впливу автомобільного транспорту на довкілля можна описати за допомогою різних параметрів та факторів. Основні параметри, які можуть впливати на довкілля, включають кількість автомобілів, що проходять по дорогах, склад вихлопних газів, рівень шуму та інші фактори.

Одна з можливих математичних моделей впливу автомобільного транспорту на довкілля може мати такий вигляд (1):

$$\text{Вплив} = f(K, C, Ш, Д), \quad (1)$$

де

- К- кількість автомобілів, що проходять по дорогах;
- С- склад вихлопних газів;
- Ш - рівень шуму;
- Д- показник забруднення ґрунту.

Вираз $f(K, C, Ш, Д)$ – це функція, яка відображає взаємозв'язок між кількістю автомобілів, складом вихлопних газів, рівнем шуму та показником забруднення ґрунту на вплив на довкілля. Цю функцію можна побудувати на основі збору статистичних даних та наукових досліджень про вплив автомобільного транспорту на довкілля. За допомогою такої математичної моделі можна досліджувати вплив автомобільного транспорту на довкілля та визначати оптимальні способи його зменшення.

Також при оцінці впливу на довкілля автомобільного транспорту слід враховувати параметри та фактори його впливу на гідросферу [9, 13, 14]. Існує багато параметрів впливу автомобільного транспорту на гідросферу, деякі з найбільш значущих параметрів наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри впливу автомобільного транспорту на гідросферу.

Table 2 – Parameters of the road transport impact on the hydrosphere.

Параметр	Характеристика
Кількість автомобілів	кількість автомобілів, що пересуваються по дорогах, може впливати на якість води в гідросфері через забруднення води від викидів відпрацьованих газів та інших викидів з автомобілів.
Вміст забруднюючих речовин у викидах	різні речовини, такі як мастильні матеріали, палива, антифриз та інші хімічні речовини, які можуть знаходитися в викидах з автомобілів, негативно впливають на якість води в гідросфері
Швидкість та потік руху транспорту	швидкість руху транспорту може впливати на швидкість води в джерелі та різних потоках, що впливає на розподіл забруднення та може збільшувати його концентрацію.
Системи очищення стоків	наявність та ефективність систем очищення стоків може впливати на кількість забруднень, що потрапляють в гідросферу.
Тип дорожнього покриття	тип дорожнього покриття, такий як бетон або асфальт, може впливати на затримання води та зменшення проникання в ґрунт, що може призводити до забруднення води в гідросфері.

До основних факторів впливу автомобільного транспорту на гідросферу можна віднести:

1. Викиди відпрацьованих газів – можуть містити багато різних забруднюючих речовин, таких як оксиди вуглецю, оксиди азоту та інші хімічні речовини, які можуть погіршувати якість повітря та опадів, які потім потрапляють до водойм.

2. Руйнування доріг та мостів – може призводити до потрапляння відходів та інших матеріалів у річки та інші водні об'єкти.

3. Розливи паливних матеріалів – випадкове проливання палива з автомобілів на дорогах, виливи паливних матеріалів під час їх транспортування або під час військових дій може призводити до забруднення водних екосистем.

4. Розвиток інфраструктури – будівництво доріг та мостів може призводити до зміни стоків водних потоків, що може вплинути на якість води в гідросфері.

Користуючись цими параметрами та факторами можна створити математичну модель впливу автомобільного транспорту на гідросферу, яка допоможе визначити найбільш ефективні способи зменшення негативного впливу автомобільного транспорту на водні ресурси. Одна з можливих математичних моделей може мати такий вигляд (2):

$$\text{Вплив} = f(K, M, Q) \quad (2)$$

де

- K – кількість автомобілів, що пересуваються по дорогах;
- M – кількість витоків мастильних матеріалів та інших речовин у водні джерела;
- Q – якість води в гідросфері.

Таким чином, вираз $f(K, M, Q)$ – це функція, яка відображає взаємозв'язок між кількістю автомобілів, кількістю витоків мастильних матеріалів та інших речовин у водні джерела та якістю води в гідросфері.

Висновки та рекомендації

На нашу думку, існує комплекс заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу автомобільної промисловості на природне середовище. Деякі з них:

1. Використання екологічно чистих матеріалів: виробництво автомобілів вимагає значної кількості ресурсів та енергії, тому використання екологічно чистих матеріалів (в тому числі вторинних), може зменшити негативний вплив на природне середовище.

2. Використання альтернативних джерел енергії: автомобілі з електричними двигунами та гібридні автомобілі зменшують залежність від палива нафтового походження та знижують кількість викидів шкідливих речовин.

3. Впровадження технологій енергозбереження: застосування технологій, таких як рекуперація енергії під час гальмування, може зменшити споживання палива та енергії.

4. Підтримка масового використання громадського транспорту: підтримка громадського транспорту та збільшення його доступності може зменшити кількість автомобілів на дорогах та відповідно зменшити викиди шкідливих речовин.

5. Використання екологічно чистих палив: використання біопалив, водню та інших екологічно чистих палив може зменшити викиди шкідливих речовин у повітря.

6. Розробка більш ефективних та екологічних двигунів: розробка більш ефективних та екологічних двигунів може зменшити кількість палива, необхідного для роботи автомобіля, та відповідно знизити викиди шкідливих речовин.

Перелік посилань

1. Забишний Я. О., Семчук Я. М., Долішній Б. В., Мельник В. М. Про дослідження параметрів транспортних потоків та їх вплив на довкілля. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. № 1(13), 2016. С. 92–101. <https://ebzr.nung.edu.ua/index.php/ebzr/article/view/212>

2. Прохорова, Л. А., Непша, О. В., Зав'ялова, Т. В. Заходи по зниженню впливу автотранспорту на довкілля міста Мелітополь. Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, (м. Херсон, 3-4 жовтня 2019 р.). Херсон, 2019. С. 205-207.

3. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII // База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>
4. O. Trofymchuk, V. Khrutba, Y. Anpilova, V. Lukianova, O. Barabash Development of criteria of impact of the transportation facilities projected construction, exploitation, maintenance and reconstruction activities on the environment. Conference Proceedings, 15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov 2021, Volume 2021, p.1 – 5 <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2042>
5. Victoriia Khrutbaa, Larysa Globa, Vitalina Lukianovaa, and Yevheniia Anpilova. Application of a Multi-Criteria Optimisation Method for Road Reconstruction Projects to Assess the Environmental Impact. Modern Information Technologies for Environmental Safety Management, Nature Management, Emergency Measures. CEUR Workshop Proceedings, October 7, 2021, 3021- p.87-104
6. Петровська М., Морквич В. Аналіз впливу автотранспорту на забруднення атмосферного повітря перехресть вулиць Львова монооксидом карбону. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. Випуск 47. С. 217–223 https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/02/visnyk-47_2014.pdf
7. Thakre Ch., Laxmi V., Vijay R., Deepak J. Killedar, Kumar R. Traffic noise prediction model of an Indian road: an increased scenario of vehicles and honking. Environmental Science and Pollution Research volume 27, 2020. pages38311–38320. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09923-6>
8. Lukianova, V., Anpilova, Y., Trofymchuk, O. Environmental Safety of Motor Transport Enterprises within Urban Areas. Journal of Ecological Engineering, 2020. 21(4), pp. 231-236. <https://doi.org/10.12911/22998993/119799>
9. Шелудченко Л.С., Поліщук Д.В. Екологічна оцінка шумового забруднення міста, спричиненого діяльністю автотранспортних засобів і стаціонарних джерел. Екологічні науки : науково-практичний журнал. К. : ДЕА, 2018. № 4(23). С.10-13. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2018-4-23-2>
10. Chuanwang Sun, Shuhua Xu, Mian Yang, Xu Gong Urban traffic regulation and air pollution: A case study of urban motor vehicle restriction policy. Energy Policy, Volume 163, April 2022. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112819>
11. Коник Ігор, Масьонков Олег, Вовк Юлія. Аналіз існуючих методів дослідження впливу автомобільного транспорту на довкілля. Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання: тези доповідей. Національний університет «Львівська політехніка», 28 – 30 березня 2019 року, С. 105-106. <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/268c7be4-8150-419b-9a40-4f4189ac1ad9/content>
12. Babaev, A. M. The innovative security of sustainable development ecological and economic system. Theoretical & Applied Science. 51(07), 2017. 62–66. <https://doi.org/10.15863/tas.2017.07.51.11>
13. Славін В.В., Томаш В.В. Зниження шкідливого впливу автомобілів на оточуюче середовище. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. № 6, 2018. С. 162 – 163.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE ROAD TRANSPORT IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Lukianova Vitalina V., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, SI «Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine», Senior Researcher, Department Of Nuclear Physics, e-mail: vitalina_lk@i.ua, tel. +380677985533, <https://orcid.org/0000-0001-8964-3560>

Lysak Roksolana S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Ecology and Environmental Protection Technologies Department, e-mail: lysakroksolana@gmail.com, tel. +380979756341, <https://orcid.org/0000-0002-2776-5623>

Soloviova Liubov M., Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, State University of Infrastructure and Technology, Associate Professor of the Department of Ecology and Life Safety, e-mail: solovyova_lm@gsuite.duit.edu.ua, tel. +380675850969, <https://orcid.org/0000-0002-9559-6104>

Sorochynska Olena L., Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, State University of Infrastructure and Technology, Associate Professor of the Department of Ecology and Life Safety, e-mail: sorochynska_ol@gsuite.duit.edu.ua, tel. +380677626178, <https://orcid.org/0000-0003-2477-1275>

Abstract. Environmental impact assessment of road transport is a serious problem that needs an immediate solution. Intensive development of road transport is associated with an increase in anthropogenic load on the environment in the form of exhaust gases containing more than 200 pollutants, waste generation, pollution of water bodies and soils. This problem concerns not only the environmental assessment of the state of cities and settlements, but also the assessment of the state of intercity roads, roads passing through natural areas and protected areas. This problem is especially acute in industrially saturated centers and large cities of Ukraine. In this regard, the issues of improving methods for assessing the impact of vehicles on the environment are being actualized in order to find reserves for reducing the ecological and economic damage to the biosphere. Environmental impact assessments carried out in accordance with state legislation are components of the environmental assessment system. The paper shows that when assessing the environmental impact of road transport, the full life cycle of a motor vehicle should be taken into account. Therefore, the work conducted a study of the life cycle of a car from mining to utilization of a motor vehicle and assessed its impact on the environment. Evaluation of production processes and products for the full life cycle of a car is very difficult, as it is associated with the collection of information about many production processes taking place, including outside the enterprise. It should be noted that the information obtained when assessing a vehicle for the full life cycle allows us to invent ways to improve the design of the car and technological processes of its production, as well as reduce the negative impact on the environment. Therefore, the work identified the main parameters and factors influencing the environment of road transport. Possible mathematical models of the impact of road transport on the environment, in particular on the hydrosphere, are considered.

Key words: road transport, vehicle life cycle, environmental impact

References

1. Zabyshnyi, Y. O., Semchuk, Y. M., Dolishniy, B. V., & Melnyk, V. M. Pro doslidzhennia parametriv transportnykh potokiv ta yikh vplyv na dokillia (On the research of the parameters of transport flows and their impact on the environment). *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 1(13), 2016. S/ 92–101. Retrieved from <https://ebzr.nung.edu.ua/index.php/ebzr/article/view/212> [in Ukrainian].
2. Prokhorova, L. A., Nepsha, O. V., Zavalova, T. V. Zakhody po znyzhenniu vplyvu avtotransportu na dokillia mista Melitopol. Rehionalni problemy Ukrainy: heohrafichnyi analiz ta poshuk shliakhiv vyrishennia: materialy VIII Vseukr. nauk.-prakt. konf. z mizhnar. uchastiu (Measures to reduce the impact of motor vehicles on the environment of the city of Melitopol. Regional problems of Ukraine: geographical analysis and search for solutions: materials of VIII All-Ukrainian. Science and practice conf. from international participation). (m. Kherson, 3-4 zhovtnia 2019 r.). Kherson, 2019. S. 205-207 [in Ukrainian].
3. Pro otsinku vplyvu na dokillia: Law of Ukraine of 23.05.2017 № 2059-VIII // Database of Legislation of Ukraine / Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> [in Ukrainian].
4. O. Trofymchuk, V. Khrutba, Y. Anpilova, V. Lukianova, O. Barabash Development of criteria of impact of the transportation facilities projected construction, exploitation, maintenance and reconstruction activities on the environment. Conference Proceedings, 15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov 2021, Volume 2021, p.1 – 5 <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2042>
5. Victoriia Khrutbaa, Larysa Globa, Vitalina Lukianovaa, and Yevheniia Anpilova. Application of a Multi-Criteria Optimisation Method for Road Reconstruction Projects to Assess the Environmental Impact. *Modern Information Technologies for Environmental Safety Management, Nature Management, Emergency Measures*. CEUR Workshop Proceedings, October 7, 2021, 3021- p.87-104

6. Petrovska M., Morkvych V. Analiz vplyvu avtotransportu na zabrudnennia atmosferneho povitria perekhrest vulyts Lvova monooksydom karbonu (Analysis of the influence of motor vehicles on the atmospheric air pollution of Lviv street intersections with carbon monoxide). *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heohrafichna*. 2014. Vypusk 47. S. 217–223 https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/02/visnyk-47_2014.pdf [in Ukrainian].
7. Thakre Ch., Laxmi V., Vijay R., Deepak J. Killedar, Kumar R. Traffic noise prediction model of an Indian road: an increased scenario of vehicles and honking. *Environmental Science and Pollution Research* volume 27, 2020. Pages 38311–38320. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09923-6>
8. Lukianova, V., Anpilova, Y., Trofymchuk, O. Environmental Safety of Motor Transport Enterprises within Urban Areas. *Journal of Ecological Engineering*, 2020. 21(4), pp. 231-236. <https://doi.org/10.12911/22998993/119799>
9. Sheludchenko L.S., Polishchuk D.V. Ekolohichna otsinka shumovoho zabrudnennia mista, sprychynenoho diialnistiu avtotransportnykh zasobiv i statsionarnykh dzherel (Environmental assessment of noise pollution of the city caused by the activity of motor vehicles and stationary sources). *Ekolohichni nauky: naukovo-praktychnyi zhurnal*. K.: DEA, 2018. № 4(23). S.10-13. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2018-4-23-2> [in Ukrainian].
10. Chuanwang Sun, Shuhua Xu, Mian Yang, Xu Gong Urban traffic regulation and air pollution: A case study of urban motor vehicle restriction policy. *Energy Policy*, Volume 163, April 2022. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112819>
11. Konyk Ihor, Masonkov Oleh, Vovk Yuliia. Analiz isnuichykh metodiv doslidzhennia vplyvu avtomobilnoho transportu na dokillia. *Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozviazannia: tezy dopovidei*. (Analysis of existing methods of research on the impact of road transport on the environment. Problems with traffic flows and directions for their solution: abstracts of reports). *Natsionalnyi universytet «Lvivska politekhnika»*, 28 – 30 bereznia 2019 roku, S. 105-106.
12. Babaev, A. M. The innovative security of sustainable development ecological and economic system. *Theoretical & Applied Science*. № 51(07), 2017. 62–66. <https://doi.org/10.15863/tas.2017.07.51.11>
13. Slavin V.V., Tomash V.V. Znyzhennia shkidlyvoho vplyvu avtomobiliv na otochuiuche seredovyshe (Reducing the harmful impact of cars on the environment). *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho*. № 6, 2018. S. 162 – 163.