

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-05>

УДК (UDC): 502.05: 504.05: 504.064: 625.7

Г. В. АДАМОВА

аспірантка лабораторії оцінки впливу на навколишнє середовище
та екологічної експертизи

e-mail: abolmasova@niiep.kharkov.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2560-1032>

Науково-дослідна установа

«Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

вул.Бакуліна,6, м. Харків, 61166,Україна

КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГО-АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА СИСТЕМИ «АВТОМОБІЛЬ – ДОРОГА – СЕРЕДОВИЩЕ» НА ПРИКЛАДІ ДІЛЯНКИ ДОРОГИ М-29

Мета. Надати методичний підхід та результати комплексної еколого-аналітичної оцінки впливу на довкілля системи «автомобіль-дорога-середовище».

Методи. Експертно-аналітичний аналіз, метод аналізу ієрархій Т.Сааті, метод прямих вимірів та відбір проб рослинності та ґрунту, лабораторні дослідження вмісту важких металів у відібраних пробах методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Результати. Аналіз комплексного впливу системи «автомобіль-дорога-середовище» (АДС) на стан навколишнього природного середовища дав змогу розробити комплексну багаторівневу ієрархічну структуру впливу системи «АДС» на складові довкілля, для подальшого проведення еколого-аналітичної оцінки. За результатами еколого-аналітичної оцінки визначено, що складові навколишнього природного середовища зазнають значного впливу з боку діяльності системи «АДС», причому найбільше живі організми у придорожньому просторі (43,5 % від загального впливу). Під час проведення натурних досліджень, з'ясовано, що доцільно застосовувати прямі виміри під час вибору інформативності точок відбору проб ґрунту та рослинності. Після опрацювання лабораторних досліджень виявлено перевищення ГДК важких металів у зразках рослинності та ґрунту придорожнього простору на відстані 10 м, 50 м та 100 м від полотна дороги, встановлено ранговий ряд накопичення важких металів у досліджуваних зразках рослинності та ґрунту придорожнього простору.

Висновки. Встановлено, що комплексність впливу системи «АДС» на довкілля суттєво залежить від біотичної складової придорожнього простору, якій, як правило, до цього часу мало приділялося уваги. Зроблено висновок про те, що біота придорожнього простору не тільки схильна до кумуляції забруднюючих речовин, в тому числі важких металів, а може використовуватись для ефективного комплексного моніторингу екологічного стану навколишнього середовища в зоні впливу автомобільних доріг.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: експертно-аналітична оцінка, метод аналізу ієрархій, придорожній ґрунт, придорожня рослинність, важкі метали

Як цитувати: Адамова Г. В. Комплексна еколого-аналітична оцінка системи «автомобіль – дорога – середовище» на прикладі ділянки дороги М-29. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2021. Вип. 25. С. 55-69. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-05>

In cites: Adamova G.V. (2021). Comprehensive ecological and analytical assessment of the “car-road-environment” system on the example of the road M-29 section. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (25), 55-69. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-05>

Вступ

Постановка проблеми. Ключовим елементом транспортної системи держави є автомобільний транспорт, який виконує більше половини обсягу пасажирських перевезень і три чверті вантажних перевезень в країні.

Відповідно до збільшення чисельності автопарку відбувається загострення екологічних проблем, оскільки в автотранспортних засобів у нашій країні великий середній вік і низький рівень техніко-експлуатаційних показників. Так, за даними ІАГ AUTO

© Адамова Г. В., 2021



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Consulting, станом на початок 2019 року, автомобільний парк України складав 10 269 268 автомобілів середній вік яких становив близько 21,5 років, на початок 2021 року середній вік авто складає вже 22,7 років.

Для порівняння, середній вік автомобілів в ЄС – 10,5 років. Близько 53,4% автомобільного парку України було вироблено ще до 1991 року.

Половина автомобільного парку України – автомобілі екологічного стандарту ЄВРО-0. Частка автомобілів, які відповідають стандарту ЄВРО-5 та вище, не більше 5-6%. А електромобілів, станом на 1 січня 2021 року нараховується всього лише 23 700 одиниць з середнім віком 4,9 років. В результаті чого, від шкідливого впливу автомобільного транспорту страждають не лише люди, але й рослинний та тваринний світ [1-3].

В Україні щороку кількість автомобільних доріг збільшується приблизно на 500 км та близько 1200 км реконструюється. Необхідно відмітити, що при цьому, в залежності від категорії автомобільної дороги та цінності земляних угідь, лише на один її кілометр відводиться від двох до семи гектарів земельних угідь.

Станом на 1 січня 2020 року загальна протяжність доріг України складала 161,9 тис.км. З них з твердим покриттям 158,5 тис.км (97,9%) [4].

У 2020 році в Україні побудовано та відремонтовано 4 056,0 км. доріг державного значення, 158 мостових споруд, 2 527,0 км. доріг місцевого значення. Уряд планує розширити мережу швидкісних доріг, що забезпечить економію часу водіям, а також зробить подорожі між українськими містами комфортнішими та безпечнішими.

У 2021 році планується оновити та побудувати 4 500 км державних доріг, що становить 37 % основної мережі доріг. На сайті Державного агентства автомобільних доріг України надано інтерактивну карту ремонту доріг на якій відображено усі об'єкти поточного середнього ремонту, розпочаті роботи, загальна вартість будівництва об'єктів, проектно-кошторисної документації, терміни виконання та генеральні підрядники. В таблиці 1 представлено розподілення автомобільних доріг державного значення з твердим покриттям відповідно до їх значення та категорії [5-9].

Таблиця 1
Автомобільні дороги загального користування з твердим покриттям за категоріями*

Public paved roads by category

Table 1

Значення автомобільних доріг	Всього доріг, км	Автомобільні дороги з твердим покриттям, км	У тому числі за категоріями, км				
			I	II	III	IV	V
Всього по Україні	161 977,0	158 476,0	2 751,8	12 454,0	26 252,7	103 321,6	13 695,9
у тому числі:							
державного значення	46 640,0	44 520,4	2 744,9	11 949,9	18 199,3	11 446,0	180,3
місцевого значення	115 337,0	113 955,6	6,9	504,1	8 053,4	91 875,6	13 515,6
Харківська область	9 672,8	9 431,0	179,8	550,7	1 608,8	6 591,6	500,1
у тому числі:							
державного значення	2 343,9	2 343,9	179,8	550,7	1 547,8	65,6	-
із них: міжнародні	617,4	617,4	179,8	435,2	2,4	-	-
національні	108,2	108,2	-	108,2	-	-	-
регіональні	639,1	639,1	-	7,3	631,8	-	-
територіальні	979,2	979,2	-	-	913,6	65,6	-
місцевого значення	7328,9	7087,1	-	-	61,0	6526,0	500,1
із них: обласні	1275,9	1275,9	-	-	61,0	1214,9	-
районні	6053,0	5811,2	-	-	-	5311,1	500,1

*Примітка: таблиця складена автором за даними [5-9].

Безперечно, будівництво нових автомобільних доріг та капітальні ремонти вже збудованих є одним з пріоритетних напрямків для держави, оскільки дороги є складовою економічного розвитку країни, а також забезпечують зв'язок між регіонами країни та виконують комунікативну функцію. Але поряд з перевагами, які надають дороги, необхідно також пам'ятати, що вони також є вагомим фактором негативного впливу на навколишнє середовище та всі його складові.

В Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» зазначено, що: «Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини - невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України».

Таким чином, запропонована нами структура комплексної оцінки впливу автомобільної дороги на об'єкти навколишнього природного середовища надасть змогу більш повно та комплексно врахувати всі чинники впливу від системи «автомобіль-дорога-середовище» (АДС) враховуючи їх просторовий (територіальний) розподіл для забезпечення більш дієвих рекомендацій щодо повного уникнення чи зменшення впливу при реконструкції та будові автомобільної дороги або ж його мінімізації на дорозі, що вже експлуатується.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання щодо впливу експлуатації автомобільних доріг на навколишнє середовище є одним з актуальних екологічних проблем сьогодення. В вітчизняних наукових роботах Д.Н. Кавтарадзе, П.М. Каніло, Н.В. Короновського, В.Н. Луканіна, Л.І. Беліх, Н.Б. Флорової, Н.І. Ірха, Н.В. Внукової, А.А. Белятинського, Ю.А. Буйволова та ін. висвітлено проблеми постійно зростаючого впливу системи «автомобіль-дорога» на навколишнє середовище зокрема процеси розповсюдження та трансформації транспорт-

них забруднень, вплив придорожніх зон та території.

Дослідженнями, присвяченими визначенням шляхів зменшення шкідливості викидів та питанням захисту довкілля від забруднень займалися вчені Д.З. Зеркалов, А.В. Гриценко, Н.В. Внукова, Г.М. Франчук, Г.І. Архіпова, Є.Б. Угненко та ін. Дослідження фізичних впливів у системі «АДС» розкрито у роботах Є.Б. Угненко, Н.В. Внукової, Н.І. Іванова, Н.Н. Мініної, О.В. Бажинова, О.П. Смірнова, А.М. Лелюхіна та ін.

В роботах A. Glasser, G. Grimmer, R.D. Waniska, R. J. Gordon, H. Bonke та ін. надані дослідження з хімічного складу автомобільних викидів.

Дослідження пов'язані з застосуванням методу аналізу ієрархій відстежуються у роботах Т.К. Кравченко, Н.Н. Середенко, А.А. Павлова, О.В. Подиновської, В.В. Подиновського, П.І. Поспелова та ін.

Аналіз наукових джерел [14-25], присвячених впливу системи «АДС» на навколишнє природне середовище дав змогу з'ясувати, що в основній своїй масі це дослідження факторів впливу системи, які відносяться або окремо до транспорту або окремо до автомобільної дороги або ж тільки декількох з них.

Тому є актуальними дослідження в області впливу системи «АДС» на навколишнє природне середовище з урахуванням всіх факторів впливу, об'єктів впливу, умов його формування та розповсюдження у довкіллі.

Мета – висвітлити методичний підхід та результати комплексної еколого-аналітичної оцінки впливу на довкілля системи «автомобіль-дорога-середовище», а саме структури взаємодії внутрішніх та зовнішніх факторів та їх просторовий аналіз, в тому числі фактичної оцінки екологічного стану придорожного простору вибраної ділянки дороги М-29 (Е-105) на прикладі накопичення у біоті придорожного простору важких металів дорожньо-транспортного походження.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження для проведення експертно-аналітичного оцінювання та натурних досліджень, з метою перевірки адекватності отриманих оцінок, обрано ділянку дороги М-29 Харків – Дніпро, яка є автошляхом міжнародного значення, являється швидкісним аналогом дороги М-18 та є частиною Європейського маршруту Е-105, що проходить від Норвегії через Росію до

України (рис.1).

Методом прямих натурних досліджень на придорожній території обраної ділянки автомобільної дороги на місцях відбору проб проведено індикацію стану забруднення повітряного середовища. Також на даних точках відібрані зразки ґрунту та рослинності для подальшого їх дослідження в лабораторних умовах. Натурні дослідження



Умовні позначення: 1:5 – точки прямих вимірів стану атмосферного повітря; 1:3,5 – точки відбору проб ґрунту та рослинності; 6 – точка відбору контрольних проб рослинності та ґрунту.

Рис. 1 – Дорога М-29 Харків-Дніпро (досліджувана ділянка: 20км – 22 км)

Symbols: 1:5 – points of direct measurements of atmospheric air; 1:3,5 – sampling points of soil and vegetation; 6 – point of sampling of vegetation and soil control samples

Fig. 1 – Road M-29 Kharkiv-Dnipro (study area: 20 km - 22 km)

проводили з трикратною повторюваністю. Для вибору оптимальних ділянок відбору проб використовували моноблочний прилад, що являє собою комплексну станцію прямих вимірів з часом відгуку – лише 1с, та часом вимірювання не більше 10 с.

Станція включає лазерний датчик якості повітря PM2.5 пилу Nova SDS011 та датчик параметрів середовища Bosch Sensortec | VME680 HSMI. Використана у станції мікросхема VME680 має вбудований металооксидний датчик (Metal Oxide Semiconductor)

летких органічних сполук (ЛОС) та датчики, що дозволяють вимірювати тиск, температуру, вологість і якість повітря.

В SDS011, використано принцип лазерного розсіювання, що дозволяє оцінити концентрацію частинок пилу у повітрі за загальноприйнятою класифікацією - розміром від 0,3 до 2,5 мкм і від 2,5 до 10 мкм. Точність: макс. ± 10 мкг/м³. Діапазон робочої температури: -10 ... +50 ° С [10]. На рис. 2 надано скріншот екрану роботи станції.

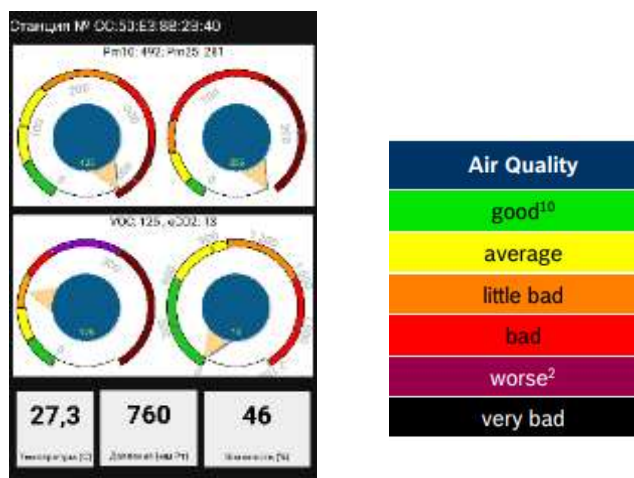


Рис. 2 – Скріншот екрану роботи станції прямих вимірів
Fig. 2 – Screenshot of the direct measurement station operation screen

Вплив системи «АДС» на здоров'я людини може бути оцінено за показниками вмісту важких металів в рослинах та ґрунті придорожного простору, які можуть споживатися у вигляді лікарських рослин та у вигляді корму домашніми травоядними тваринами населення, що проживає поряд з дорогою. Визначення вмісту проводилося методом атомно-абсорбційної спектроскопії в лабораторії «Еколого-аналітичних досліджень» УК-РНДІЕП (<http://www.niep.kharkov.ua/node/179>) на атестованому оптико-емісійному спектрометрі високої роздільної здатності з індуктивно-зв'язаною плазмою PlasmaQuant PQ 9000 Elite. Автор, поряд зі співробітниками лабораторії, приймав безпосередню участь у відборі проб рослинності та ґрунту, пробопідготовці та проведенні лабораторних досліджень. Результати проведених досліджень доповідались на міжнародних конференціях та опубліковані в [11-13].

Для експертно-аналітичного оцінювання впливу системи «автомобіль-дорога-середовище» на придорожній простір було застосовано метод аналізу ієрархій Т.Сааті з використанням програмного комплексу.

Надзвичайно важливою екологічною проблемою сьогодення є автомобільний транспорт, що в значній мірі забруднює атмо-

сферне повітря, ґрунт, воду, рослини і сільськогосподарську продукцію та є одним з потужних джерел накопичення важких металів у геофізичних середовищах, рослинному та тваринному світі.

Звичайно ж, що при русі дорогою одиночного автомобіля, він неспроможний надати хоч якогось помітного впливу на довкілля та екосистеми. Зовсім інша річ, коли по автомобільним дорогам в складі транспортних потоків рухається сукупність транспортних засобів. Кожен з транспортних засобів класифікується в залежності від типу двигуна та поділяється на класи в залежності від робочого об'єму двигуна, ваги та габаритної довжини.

Традиційно найбільш шкідливим впливом на довкілля від автомобільного транспорту вважаються викиди відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння, що являють собою складну багатокомпонентну суміш газів, парів, крапель рідин і дисперсних твердих частинок. В таблиці 2 представлені обсяги викидів забруднюючих речовин у розрахунку на 1 транспортний засіб, розраховані згідно з «Методикою розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів» [14].

Таблиця 2

Валові викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферне повітря від 1-го транспортного засобу при проходженні ним 1 км дороги, кг [14]

Table 2

Gross emissions of pollutants and greenhouse gases into the atmosphere from the 1st vehicle when passing it 1 km of road, kg [14]

Вид пального	Бензин	Дизель	Газ скраплений	Газ стиснений
Назва забруднюючої речовини та парникового газу				
Оксид вуглецю (CO)	0,02015982	0,0035838	$2,51998 \cdot 10^{-5}$	$9,92939 \cdot 10^{-6}$
Діоксид азоту (NO ₂)	0,00125874	0,00196878	$1,57343 \cdot 10^{-6}$	$1,64236 \cdot 10^{-6}$
Сірчистий ангідрид (SO ₂)	0,0000666	0,0002838	$8,325 \cdot 10^{-8}$	0
Неметанові леткі органічні сполуки (ЛОС)	0,0035298	0,00020328	$2,13953 \cdot 10^{-6}$	$1,51182 \cdot 10^{-6}$
Метан	0,000093906	$7,6692 \cdot 10^{-6}$	$1,1988 \cdot 10^{-7}$	0
Азоту оксид (NO)	$1,25208 \cdot 10^{-5}$	0,00001089	0	0
Аміак	$2,664 \cdot 10^{-7}$	0	0	0
Сажа	0	0,00045738	0	0
Бенз(а)пірен (C ₂₀ H ₁₂)	0	0,00000198	0	0
Свинець (Pb)	$1,12554 \cdot 10^{-11}$	0	0	0
Сумарні обсяги викидів	0,237109453	0,213625579	$2,91159 \cdot 10^{-5}$	$1,30836 \cdot 10^{-5}$
Вуглекислий газ	0,2119878	0,207108	0	0

За хімічним складом, властивостями та впливом на живі організми відпрацьовані гази поділяють на вісім груп [15-17]:

1. Азот, кисень, водень, водна пара, вуглекислий газ і ін. Вони є природними складовими атмосферного повітря та являють собою основні нетоксичні компоненти відпрацьованих газів автотранспортних засобів;

2. Монооксид вуглецю (чадний газ), що є продуктом неповного згоряння палива;

3. Окисли азоту, утворені в камері двигунів внутрішнього згоряння в результаті термічного синтезу з повітря (при звичайних атмосферних умовах перетворюється в діоксид);

4. Вуглеводні різних гомологічних рядів: парафінові, нафтені та ароматичні – утворюються в результаті неповного згоряння палива в двигуні (наприклад ароматичний бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$), що має канцерогенну дію).

5. Альдегіди, найбільша кількість яких утворюється на режимах холостого ходу і малих навантажень.

6. Сажа та інші дисперсні частини (продукти зносу двигунів, аерозолі, масла, нагар і ін.) – утворюється при неповному згорянні і термічному розкладанні вуглеводнів палива. Токсичність обумовлена здатністю адсорбувати на своїй поверхні канцерогенні та мутагенні речовини, що входять до складу відпрацьованих газів (насамперед бенз(а)пірен).

7. Сполуки сірки (сірчистий ангідрид, сірководень).

8. Важкі метали (алюміній, нікель, ртуть, хром, кадмій, цинк, залізо, миш'як, марганець, берилій, ртуть, свинець).

Загальновідомим є той факт, що одними з найбільш небезпечних забруднювачів серед токсичних речовин є важкі метали. Метали класифікуються як "важкі метали", якщо у своєму стандартному стані вони мають питому вагу більше 5 г/см^3 .

Важкі метали, передусім кадмій, нікель, хром, мідь, кобальт, свинець та марганець справляють канцерогенний, мутагенний та тератогенний вплив на біоту довкілля в тому числі і на людину. Потрапляння в харчовий ланцюг людини або тварини може відбуватись в результаті накопичення їх у їстівних рослинах, зокрема вирощених на забруднених ґрунтах поблизу автомобільних доріг. В навколишнє природне середовище вони потрапляють в результаті роботи автотранспортних засобів (гальмівні масла, антидето-

наційні добавки, присадки до палив та масил, стирання автопокришок та циліндрів двигуна, знос підшипників, вкладишів, покриттів кузовів) та стирання дорожнього полотна при його експлуатації [18-20].

Важливим фактором негативного впливу автомобільних доріг на довкілля є поверхневий стік зважених часток та нафтопродуктів з дорожнього полотна. Забруднення нафтопродуктами відбувається в результаті витоків з транспортних засобів, резервуарів або в разі поломок на маршруті. Дорожній пил також збагачений органічними забруднювачами, такими як поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАУ), нафтові вуглеводні, які виділяються переважно з транспортних засобів та/або під час експлуатації та утримання доріг. Забруднений дорожній пил разом з дощовим стоком потрапляє на придорожній ґрунт та/або у водні об'єкти поблизу доріг, забруднюючи їх.

Крім того забруднення поверхневого стоку викликають хімічні реагенти [17], в тому числі, що застосовуються для боротьби з ожеледицею на автомобільних дорогах. В результаті чого разом з поверхневим стоком на узбіччя автомобільних доріг потрапляє близько 500 000 т солей на рік. Окрім перелічених забруднювачів в поверхневому стоці з доріг присутні біогенні, бактеріальні забруднення та важкі метали (цинк, хром (IV), кадмій, нікель, залізо) та ін.

Хімічний склад стічних вод з автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху за джерелами [21,22] представлений в таблиці 3. На сьогодні лімітуючими показниками забруднення поверхневого стоку з автомобільних доріг є нафтопродукти, завислі речовини та важкі метали.

Крім вже перелічених факторів значний вплив на навколишнє природне середовище справляють такі фізичні фактори як шум, вібрація, електромагнітні поля.

Транспортний шум - це перевищення природного рівня шуму, що спричинений роботою двигунів, колесами, гальмами та аеродинамічними особливостями транспортного засобу [23].

Автотранспортний шум створюється великою кількістю джерел, які представлені на рис. 3. Аеродинамічний шум передає повітряне середовище, механічний шум - зовнішня поверхня двигуна і агрегати автомобіля [24,25].

Таблиця 3
Діапазон коливань кількісного вмісту забруднюючих речовин у стічних водах з автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху [21,22]

Table 3
Range of fluctuations in the quantitative content of pollutants in wastewater from highways with different traffic intensities [21,22]

Показники складу зливових вод	Авто-магістралі з інтенсивним рухом (інтенсивність руху > 1000 авт/год)	Автомобільні дороги біля АЗС (інтенсивність руху 700-900 авт/год)	Автомобільні дороги центральних р-нів міста (інтенсивність руху 500 авт/год)	Автомобільні дороги на території сучасної житлової за будови (інтенсивність руху 300-400 авт/год)	Приміські дороги (інтенсивність руху 100-120 авт/год)	Приміські дороги (інтенсивність руху < 62,5 авт/год)
	Діапазон концентрацій забруднюючих речовин, мг/дм ³					
Завислі речовини	1300-2700	2000-2500	2000-3500	1050-2500	650-1500	400-650
Нафто-продукти	20-60	40-100	30-70	10-15	10-70	5,5-10
Цинк	0,04-1,7	0,1-1,9	0,2-0,95	0,1-0,8	0,4-1,6	0,1-0,4
Хром	0,015-0,2	0,02-0,025	0,015-0,2	0,01-0,05	0,01-0,2	0,005-0,01
Кадмій	0,001-0,005	0,01-0,02	0,005-0,01	0,001-0,005	0,01-0,2	0,005-0,01
Нікель	0,02-0,10	0,01-0,11	0,02-0,10	0,03-0,05	0,02-0,06	0,01-0,02
Мідь	0,01-0,05	0,01-0,10	0,01-0,05	0,005-0,05	0,006-0,07	0,005-0,006
Залізо	0,02-0,5	0,01-0,7	0,02-0,5	0,02-0,2	0,08-0,66	0,02-0,08

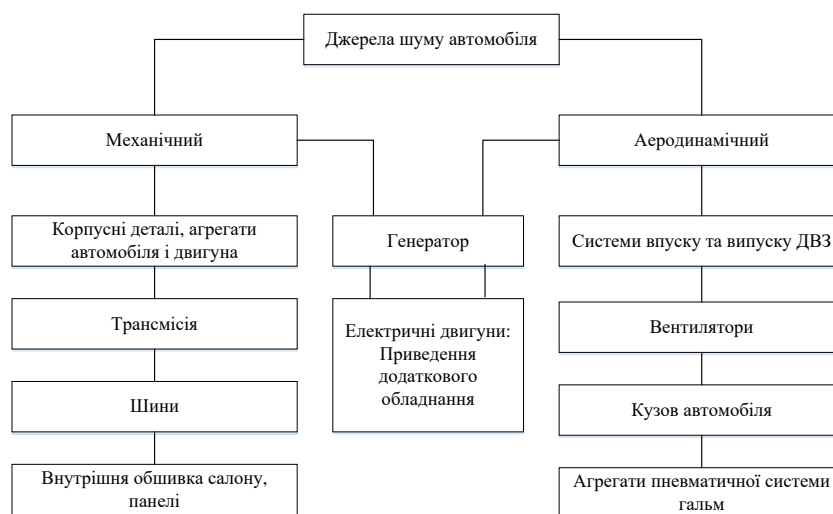


Рис. 3 – Класифікація джерел шуму від автотранспортних засобів [24]

Fig. 3 – Classification of noise sources from vehicles [24]

Тобто, система «автомобіль-дорога» спричиняє на навколишнє середовище різноплановий, багатофакторний, комплексний вплив на всі складові довкілля (грунти, атмосферу, ґрунтові та поверхневі води, рослинність, тварин та людей). Такий вплив доцільно розглядати комплексно, задля пошуку найбільш оптимально-ефективних заходів,

направлених на зниження цього впливу для кожної конкретної досліджуваної дороги або окремих її ділянок.

Для здійснення комплексної оцінки нами була розроблена структура оцінювання комплексного впливу експлуатації автомобільної дороги на об'єкти НПС, яка складається з елементів, пов'язаних один з одним системними взаємозв'язками, що характери-

зують та описують критерії формування оцінок, комплексність факторів, що враховує їх фізичну та хімічну природу, умови розповсюдження і накопичення в природному середовищі (рис.4).

Особливої уваги заслуговує те, що в ній враховано біотичні та абіотичні умови середовища, що мають досить суттєве значення у розповсюдженні впливу системи «АДС» [11,26].

Лінія зв'язку, що поєднує верхній елемент рівня та нижній елемент рівня пояснює

природу, характеристику та умови, що описують взаємодію між ними.

Для визначення внеску кожного елемента в загальну структуру оцінки нами було використано метод аналізу ієрархій Т. Сааті.

Даний метод дозволяє виконувати дослідження складних систем з комплексним ієрархічним порівневим оцінюванням попарно елементів кожного рівня, що ґрунтуються на системному підході та реалізується шляхом декомпозиції системи на окремі складові та виявлення зв'язків між ними.

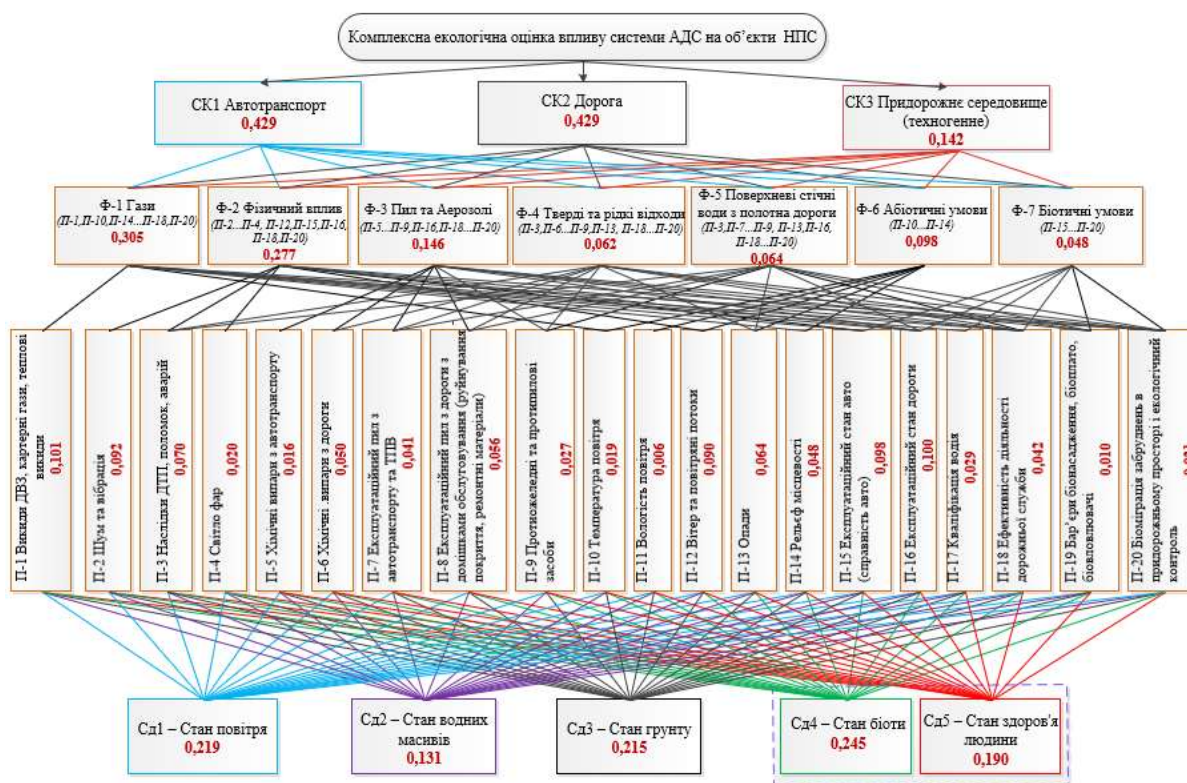


Рис.4 – Структура оцінки комплексного впливу автомобільної дороги на об'єкти НПС (розроблено автором)

Fig.4 – The structure of the assessment of the complex impact of the highway on the environment (developed by the author)

Питання формування експертно-аналітичної групи для проведення досліджень потребує особливої уваги, що зазначено в [27,28]. Підбір експертної групи відбувається у декілька етапів. Спершу встановлюють галузі знань, що прямо або опосередковано пов'язані з проблемою, що досліджується. Далі намічають список «потенційних» експертів, які за своїми професійними якостями компетентні в цих галузях знань. Зазвичай для цього використовуються

показники, що відображають професійний рівень фахівця (посада, вчений ступінь і звання, кількість опублікованих наукових праць і ін.). Після цього вирішується питання про чисельний склад експертної групи, який залежить від обмежень фінансового, часового й організаційного характерів. Остаточна група формується шляхом виділення «потенційних» експертів, які з погляду конкретного вирішуваного завдання є найбільш компетентними. При цьому, задля

виключення впливу відомчих інтересів на мету оцінювання, у складі групи по можливості забезпечують рівне представництво фахівців різних напрямів, які існують в досліджуваній галузі. Для отримання узгоджених результатів опитування експертів, як правило, проводять або декілька турів оцінювання з проміжним висвітленням результатів та їх обговоренням, або в 2 етапи, де на першому експерти висвітлюють кожен окремо свої думки, а узагальнююче оцінювання проводять у вигляді колективної комплексної оцінки, де в режимі диспуту уточнюються значення попарних порівнянь та їх обґрунтованість кожним з експертів і використовують або узагальнену середню оцінку, або в кожному конкретному оцінюванні надають перевагу профільному фахівцю [27,28].

Таким чином, нами, для проведення еколого-аналітичної оцінки впливу системи «автомобіль-дорога-середовище» на природній простір (рис.4), було встановлено склад експертно-аналітичної групи, до якої ввійшли експерти з фахом: інженер-еколог в галузі експлуатації автомобільних доріг (для оцінювання факторів впливу, що розкриваються за допомогою параметрів П-1...П-3, П-5...П-9, П-14...П-20), біолог (аналогічно для параметрів – П-1...П-9, П-12, П-19, П-20), фахівець в галузі ОВД (аналогічно для параметрів – П-1...П-9, П-12, П-14...П-20), хімік-аналітик (аналогічно для параметрів – П-1, П-5...П-16, П-19, П-20), спеціаліст в області геоінформаційних технологій (аналогічно для параметрів – П-10...П-16, П-19, П-20).

Комплексна оцінка впливу системи «АДС» на об'єкти НПС була проведена з застосуванням методу аналізу ієрархій та включала експертно-аналітичне визначення вагових коефіцієнтів вкладу кожного елемента структури, наданої на рис.4, та синтезу всіх отриманих вагових коефіцієнтів, що формує загальний результат оцінки впливів. Для здійснення оцінювання було використано комп'ютерну програму «МАІ», яка реалізує відомий метод аналізу ієрархій Томаса Сааті з доопрацюваннями УКРНДІЕП в частині підходу до експертно-аналітичної оцінки та шкали оцінювання, що детально описані в роботах Аніщенко Л.Я., Пісні Л.А., Гончаренко І.О. та частково висвітлені стосовно АДС в [26]. Застосована в роботі комп'ютерна програма МАІ,

розроблена в УКРНДІЕП, перевірена зазначеними дослідниками та має своєю особливістю те, що в ній узгодження думок експертів перевіряється автоматично, в процесі заповнення попарних порівнянь з заданою точністю перед початком роботи, що відповідає вимогам до методу аналізу ієрархій, сформованим Томасом Сааті. Таким чином, вагові коефіцієнти кожного з елементів структури за рівними розподілу впливу в системі АДС на складові навколишнього природного середовища надано на рис.4.

Під час проведення експертно-аналітичного дослідження експертами було зроблено припущення, що ступінь важливості впливу «СК1 Автотранспорт» та «СК2 Дорога» є рівноважним. Придорожнє середовище є буферною зоною, яка може як розповсюджувати вплив так і частково його знижувати.

В результаті дослідження вперше вдалося побудувати пріоритетний ряд параметрів, що характеризують фактори впливу, що в подальшому дозволить ефективно оцінювати та впроваджувати заходи зменшення впливу. Пріоритетний ряд параметрів виглядає наступним чином: П-1 > П-16 > П-15 > П-2 > П-12 > П-3 > П-13 > П-8 > П-6 > П-14 > П-18 > П-7 > П-17 > П-9 > П-20 > П-4 > П-10 > П-5 > П-19 > П-11.

За результатами еколого-аналітичної оцінки визначено пріоритетність показників складових довкілля, що зазнають впливу від «АДС», а саме: вплив на зміни стану біоти складає 24,5 % загального впливу, на зміни стану повітря – 21,9 %, на зміни стану ґрунту – 21,5 %, на зміни стану здоров'я людини – 19,0 %, та зміни стану водних масивів – 13,1 %

Розроблений комплексний ієрархічний підхід до оцінки АДС із застосуванням МАІ потребує подальшого уточнення кількісних характеристик впливу на складові довкілля шляхом лабораторних досліджень біотичних компонентів та ґрунту придорожнього простору за стандартизованими методиками.

Для дослідження було обрано ділянку дороги М-29 Харків-Дніпро (20км – 22 км від перетину з М-03) та визначено її технічні характеристики (табл.4).

Вибрана ділянка автомобільної дороги характеризується наявністю мосту над річкою Мжа, русло якої техногенно змінене, з

метою зниження рівня паводкових вод та зменшення ризику підтоплення с.Павлівка, з розділенням русла на два водотоки та організованим відводом поверхневих стічних вод у відстійники-накопичувачі, що унеможливує пряме потрапляння забруднених стічних вод з полотна дороги безпосередньо у водні об'єкти.

За допомогою комплексної станції прямих вимірів було проведено оцінку динаміки стану забруднення повітряного середовища придорожного простору вибраної ділянки автомобільної дороги відповідно до інтенсивності руху транспортних засобів. На ділянках, де спостерігалась зміна стану атмосферного повітря відбирались проби ґрунту та рослинності (на відстані 10 м, 50 м та 100 м від полотна дороги). Контрольні зразки рослинності відбирались на відстані 450 м від полотна дороги.

Як вже згадувалось раніше, важкі метали є одними з найбільш небезпечних забруднювачів придорожного простору і джерелом можливого канцерогенного впливу на людину. Тому було вирішено оцінювати вплив на довкілля системи «автомобіль-дорога» за показниками вмісту важких металів у рослинах (у листі дерев та лікарських трав) та ґрунті придорожного простору методом атомно-абсорбційної спектроскопії на спектрометрі PlasmaQuant PQ 9000 Elite.

Для дослідження вибраної ділянки дороги відбирались типові для даної місцевості рослини, а саме: парило звичайне (eupatoria), береза бородавчаста (betula pendula), верба біла (salix alba), сосна звичайна (pinus sylvestris), деревій щетинистий (achillea setacea) та вільха клейка (alnus glutinosa).

Таблиця 4
Технічні характеристики вибраної ділянки дослідження автомобільної дороги М-29 Харків-Дніпро (20км – 22 км від перетину з М-03)*

Table 4
Technical characteristics of the selected section of the study of the highway M-29 Kharkiv-Dnipro (20 km - 22 km from the intersection with M-03)

Показник	Характеристика
Тип дороги	магістральна а/д
Тип покриття	асфальт
Ширина земляного полотна	26,5 м.
Ширина проїзної частини	16 м. (4 смуги руху)
Ширина центральної розділової смуги	8 м.
Ширина смуги для зупинки	2,5 м.
Інтенсивність руху	2 680 авт./добу
Склад руху:	
легкі вантажні автомобілі (до 2,5 т)	21,6 %,
середні вантажні автомобілі (до 5 т)	13,4 %,
важкі вантажні автомобілі (більше 8 т)	6,0%,
мікроавтобуси	17,2 %,
автобуси	1,5 %,
легкові автомобілі	40,3 %;
Середня швидкість руху	110 км/год

*Примітка: таблиця складена автором.

*Note: The table was developed by the author

Водночас з відбором зразків рослинності на тих самих ділянках було проведено відбір проб ґрунту методом «конверту» з шарів 0-5 см та 5-10 см.

Аналіз проведених лабораторних досліджень виявив накопичення в рослинності та ґрунті важких металів вище ГДК на відстані 10 м, 50 м та 100 м від полотна дороги:

осика звичайна – Mn, Co, Zn, Cr;
верба біла – Cu, Mn, Co, Cd, Cr;
деревій щетинистий – Cu, Mn, Cr;
парило звичайне, сосна звичайна, береза бородавчаста та вільха клейка – Mn, Cr.

Встановлено перевищення ГДК також і в зразках ґрунту за Cu, Mn, Cd, Cr, Ni та Pb [4, 26, 11-13].

Діапазон перевищень ГДК для різних хімічних речовин у різних рослинах та ґрунті різний, зокрема:

Cu (1,3 ГДК – 1,5 ГДК); Mn (1,3 ГДК – 3,6 ГДК); Co (1,1 ГДК – 1,9 ГДК); Cd (1,3 ГДК – 2,5 ГДК); Cr (2,3 ГДК – 4,3 ГДК); Zn (не більше 1,3 ГДК);

Pb (1,3 ГДК – 2,7 ГДК); Ni (1,1 ГДК-2,4 ГДК).

Після опрацювання лабораторних досліджень, за інтенсивністю накопичення важких металів у досліджуваних зразках рослинності та ґрунту придорожного простору було встановлено рангові ряди (табл.5).

Таблиця 5

Ранговий ряд накопичення важких металів у рослинності та ґрунті придорожного простору*

Table 5

Range of accumulation of heavy metals in vegetation and soil of roadside space

Зразок рослинності/ґрунту	Ранговий ряд
Береза бородавчаста	Mn > Fe > Zn > Cu > Cr > Ni > Cd > Pb > Co
Сосна звичайна	Mn > Fe > Zn > Cu > Cr > Ni > Cd > Pb > Co
Парило звичайне	Fe > Mn > Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > Cd > Co
Вільха клейка	Fe > Mn > Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > Cd > Co
Деревій щетинистий	Fe > Mn > Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > Cd > Co
Верба біла	Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Cr > Co > Cd > Pb
Осика звичайна	Zn > Mn > Fe > Cu > Ni > Cr > Co > Cd > Pb
Ґрунт	Fe > Mn > Cr > Zn > Cu > Ni > Co > Pb > Cd

*Примітка: Таблицю складено автором на підставі власних досліджень, що корелює з аналогічними дослідженнями [18-21]. Рангові ряди встановлювалися за І. М. Волошиним (1998).

*Note: The table was developed by the author based on own researches; it correlates with data from researches [18-21]. Rank rows were compiled according to I.M.Voloshyn (1998)

Зразки рослин відбирались на протязі вегетаційного періоду, тому рангові ряди вказують на кількість накопичення важких металів за весь період їх життя. З таблиці видно, що у зразках придорожньої рослинності переважає накопичення Mn, Fe та Zn, а найменшу інтенсивність накопичення має Co, а у верби білої та осики звичайної менш інтенсивно накопичується Pb. У ґрунті придо-

рожнього простору серед важких металів найбільшу інтенсивність накопичення має Fe, а найменшу Cd.

Аналіз отриманих результатів корелює зі схожими результатами попередніх досліджень інших дослідників, що займалися даною тематикою, зокрема [18-21] в частині вибору рослин-акумуляторів та послідовності і кількості накопичення важких металів.

Висновки

Сучасні темпи розвитку транспортно-дорожного комплексу призводять до збільшення навантаження на природні системи і як наслідок до погіршення екологічного стану в країні. Дослідження виявлення та міграції важких металів від викидів транспортних засобів та їх кумуляція елементах харчових ланцюгів створює небезпеку для здоров'я людини та навколишнього природного середовища в цілому. Актуальність здійснення комплексного моніторингу екологічного стану навколишнього середовища в зоні впливу автомобільних доріг беззаперечна, при цьому невід'ємною складовою має бути дослідження вмісту важких металів у складових придорожного простору.

За результатами проведеної комплексної експертно-аналітичної оцінки ієрархічної

структури впливів від діяльності системи «АДС» на складові навколишнього природного середовища встановлено, що 43,5 % від загального впливу може спрямовуватись на живі організми придорожного простору. Отримані значення вагових коефіцієнтів дозволили зробити висновок щодо необхідності врахування біотичної складової придорожного простору при дослідженні впливу діяльності автомобільної дороги на довкілля.

Опрацювавши та проаналізувавши дані лабораторних досліджень ми виявили, що у зразках рослинності та ґрунту придорожного простору, відібраних навесні та влітку, спостерігається тенденція до зменшення вмісту важких металів відповідно до збільшення відстані від полотна дороги до точки відбору проби. У зразках, що були

відібрані восени, виявлено тенденцію до збільшення накопичення важких металів, що свідчить про збільшення переносу забруднюючих речовин на більші відстані від

дороги у зв'язку зі зрідженням крони дерев та кущів, а також про акумуляцію забруднюючих речовин впродовж усього вегетаційного періоду рослин.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автор повністю дотримувався етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Чернишова О., Петренко І., Вишебаба П. Еколого-транспортні проблеми сучасної України. МЦПД. 2020. 26 с.
2. В Україні посчитали середній вік автопарка по всім сегментам. URL: <https://autoconsulting.com.ua/news.php?catid=41>
3. Павлова Е.И., Новиков В.К. Общая экология и экология транспорта. Учебник и практикум. 5-е издание. Изд-во Юрайт. 2018. 480 с.
4. Адамова Г.В., Пісня Л.А. Визначення впливу транспортно-дорожнього комплексу на довкілля на прикладі ділянки автомобільної дороги М-29 Харків-Дніпро. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. Зб. наук. пр. УКРНДІЕП; ХНУ імені В. Н. Каразіна. Х.: ПП «Стиль-Іздат». 2020. Вип. 42. 214 с. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/Sbornik2020.pdf>
5. Статистичний щорічник України за 2019 рік. Державна служба статистики України – Вернер І. Є. (за редакцією), Київ, 2020. 465 с.
6. Україна у цифрах у 2019 році/ Державна служба статистики України// Статистичний збірник - Вернер І. Є. (за редакцією), Київ, 2020. 44 с.
7. Державне агенство автомобільних доріг України. URL: <https://ukravtodor.gov.ua/>
8. Перелік державних автомобільних доріг Харківської області. URL: https://kh.ukravtodor.gov.ua/pro_sluzhbu/perelik_derzhavnnykh_avtomobilnykh_dorih_kharkivskoi_oblasti.html
9. Зрозуміла інфографіка класифікації доріг Харківської області. URL: https://kh.ukravtodor.gov.ua/pro_sluzhbu/zrozumila_infografika_klasyfikatsii_dorih_kharkivskoi_oblasti.html
10. Аболмасова Г. В., Пісня Л.А., Черба О.В. (вересень. 9-13. 2019). Елементи інтегрального підходу в екологічній оцінці стану забрудненості придорожнього простору. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення*. матеріали XV міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків. УКРНДІЕП. ПП «Стиль-Іздат». 2019. С.5-8. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/Konfer2019.pdf>
11. Адамова Г.В. Аналіз впливу системи «автомобіль-дорога-середовище» на об'єкти навколишнього природного середовища. *The current state of development of world science: characteristics and features*. Collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference. 2021. (Vol. 1),. Lisbon, Portuguese Republic: European Scientific Platform. DOI: <https://doi.org/10.36074/scienta-04.06.2021>.
12. Аболмасова Г.В., Пісня Л.А. Важкі метали у ґрунтах та рослинності придорожнього простору. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення*: зб. наук, статей XVI Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Харків, 14-18 вересня 2020 р.) Харків. УКРНДІЕП. ПП «Стиль-Іздат», 2020. С.13-17. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2020.pdf>
13. Аболмасова Г.В. Система «автомобіль-дорога» як джерело надходження важких металів у придорожній простір. *Збірник тез доповідей IV Спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму «ЕКО ФОРУМ - 2020»*. (Запоріжжя, 14-18 вересня 2020 р.). Запорізька міська рада, Запорізька торгово-промислова палата, 2020. URL: <https://new.ziif.in.ua/wp-content/uploads/2020/12/Zbirka-tez-Eko-Forum-2020.pdf>
14. Оцінка впливу на навколишнє середовище Капітальний ремонт автомобільної дороги під'їзд до ДП МА «Бориспіль» км 0+000 – км2+800 (інв. №47590) з системою освітлення (інв №47273) (коригування). *РОБОЧИЙ ПРОЕКТ*. ТОМ 5. 37-14.2/5-3-ОВНС. ТОВ «ІНТЕРПРОЕКТ». 2017. 51 с.
15. Коваленко Л.О. Аналіз моніторингу забруднення атмосферного повітря. *Науково-технічний збірник «Проблеми розвитку міського середовища»*. К: Національний авіаційний університет. 2016. Вип.2 (16). С. 168-177. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2016_2_21
16. Денисов В.В. Экология города. Учебное пособие – под ред. проф. В.В. Денисова. М.: «Феникс», Ростов н/Д. 2015. 568 с.
17. Пепина Л.А., Созонтова А.Н., Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом. *Alfabuild*. 2017. №1 (1). С. 99-110. URL: https://alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/AlfaBuild/AlfaBuild_2017_1/8_1.pdf

18. Rolli N.M., Hiremath P.S., Karalatti, B.I., Hotti Y.B. & Kattimani V.K. Phytoassay of Heavy Metals Pollution in Roadside Environment: Bioindicators. *Int J Recent Sci Res.* 2019. Vol.10. No 12. P. 36499-36503. DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2020.1012.4934>.
 19. Pankaj Kumar & Kuldeep. Potential Toxic Heavy Metal Contamination of Roadside Soil. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 2018. Vol. 7. No 7: 465-471. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.707.056>
 20. Леонидова Т. В., Сидоренкова Н. К., Блохина Н. А., Харитонов И. Д. Содержание тяжелых металлов в придорожной зоне автомобильных трасс. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2019. № 1. С. 146–149. URL: <https://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=12657>
 21. Hyun-Min Hwang, Matthew J. Fiala, Terry L. Wade & Dongjoo Park. Review of pollutants in urban road dust: Part II. Organic contaminants from vehicles and road management. *International Journal of Urban Sciences.* Vol. 23. 2019. No 4. P. 445-463. DOI <https://doi.org/10.1080/12265934.2018.1538811>
 22. Мостепан О.В. Дослідження впливу зливових вод з автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху на забруднення водних об'єктів. *Вестник ХНАДУ.* 2011. № 52. С. 23–26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-livnevyyh-vod-s-avtomobilnyh-dorog-s-raznoy-intensivnostyu-dvizheniya-na-zagryaznenie-vodnyh-obektov/viewer>
 23. Матейчик В.П., Вайганг Г.О., Яновський В.В. Оцінка параметричного забруднення придорожнього середовища міськими транспортними потоками. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки».* 2016. Вип. 2 (35). С.141-150. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/35_2016/141-150.pdf
 24. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека та охорона довкілля: Монографія. К.: Основа, 2012. 514 с.
 25. Sanja Grubesa and Mia Suhanek (June 18th 2020). Traffic Noise, Noise and Environment, Daniela Siano and Alice Elizabeth González, IntechOpen, DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.9289>
 26. Аболмасова Г.В., Пісня Л.А., Черепньов І.А., Калінін І.В. Комплексна екологічна оцінка впливу системи «автомобіль-дорога-середовище» на об'єкти навколишнього природного середовища. *Науковий Журнал "Інженерія природокористування".* X. 2019. №4(14). С.75-85. URL: <http://enm.khntusg.com.ua/index.php/enm/issue/view/24>
 27. Кравченко Т.К., Середенко Н.Н., Создание систем поддержки принятия решений: интеграция преимуществ отдельных подходов. *Искусственный интеллект и принятие решений.* М.: Изд-во Институт системного анализа РАН. 2012. № 1. С. 39-46. URL: http://www.isa.ru/aidt/images/documents/2012-01/39_46.pdf
 28. Named Taherdoost. Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP); A Step by Step Approach. *International Journal of Economics and Management System, IARAS,* 2017. HAL Id: hal-02557320 URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02557320>
- Стаття надійшла до редакції 02.08.2021 Переглянуто 28.09.2021
Стаття рекомендована до друку 12.10.2021

G. V. ADAMOVA

Graduate Student of the Laboratory of Environmental Impact Assessment
and Environmental Expertise

e-mail: abolmasova@niiep.kharkov.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2560-1032>
Scientific Research Institution "Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems",
Bakulina Str., 6, Kharkiv, 61166, Ukraine

COMPREHENSIVE ECOLOGICAL AND ANALYTICAL ASSESSMENT OF THE “CAR-ROAD-ENVIRONMENT” SYSTEM ON THE EXAMPLE OF THE ROAD M-29 SECTION

Purpose. is to highlight the methodological approach and the results of the integrated ecological and analytical assessment of the environmental impact of the car-road-environment system, namely the structure of interaction between internal and external factors and their spatial analysis, including the actual assessment of the ecological state of the roadside space of a selected section of the road M-29 (E-105) on the example of accumulation in the biota of roadside space heavy metals of road origin.

Methods. Expert analytical analysis, T. Saati's hierarchy analysis method, field studies of vegetation and soil, laboratory studies of the content of heavy metals in selected samples by atomic absorption spectroscopy.

Results. Analysis of the complex impact of the "car-road-environment" (CRE) system on the state of the natural environment made it possible to develop a comprehensive multi-level hierarchical structure of the influence of the "CRE" system on environmental components for subsequent environmental and analytical assessment. According to the results of the environmental-analytical assessment, it was determined that the components of the natural environment are significantly affected by the "CRE" system, with living organisms of roadside space being the most stressed (43,08% of the total impact). When carrying out field studies, it was found out that it is advisable to use direct measurements when choosing the information content of soil and vegetation sampling points. After processing laboratory studies, an excess of the MPC of heavy metals was revealed in the samples of vegetation

and soil of the roadside space at a distance of 10 m, 50 m and 100 m from the road bed, a rank series of accumulation of heavy metals in the studied samples of vegetation and soil of the roadside space was established.

Conclusions. As a result of research, it was found that the complexity of the impact of the "CRE" system on the environment in a significant way depends on the biotic component of the roadside space, which, as a rule, until that time received little attention. It was concluded that the biota of the roadside space is not only susceptible to accumulation of pollutants, including heavy metals, but can be used for effective integrated monitoring of the ecological state of the environment in the zone of influence of roads.

KEYWORDS: expert-analytical assessment, hierarchy analysis method, roadside soil, roadside vegetation, heavy metals

References

1. Chernyshova, O., Petrenko, I., & Vyshebababa P. (2020). Ecological and transport problems of modern Ukraine. *ICPS*. (in Ukrainian)
2. In Ukraine, the average age of the fleet in all segments was calculated. Retrieved from <https://autoconsulting.com.ua/news.php?catid=41> (in Russian)
3. Pavlova, E.I., & Novikov, V.K. (2018). General ecology and ecology of transport. Textbook and workshop. 5th edition. Urayt Publishing House. (in Russian)
4. Adamova H.V., & Pisia L.A. (2020). Determining the impact of the transport and road complex on the environment on the example of the section of the highway M-29 Kharkiv-Dnipro. *Problems of environmental protection and ecological safety. Collection of scientific works of USRIEP. V. N. Karazin Kharkiv national university*. (42), 214 . Retrieved from <http://www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/Sbornik2020.pdf> (in Ukrainian)
5. Werner, I.E. (Ed.). (2020). Statistical Yearbook of Ukraine for 2019. *State Statistics Service of Ukraine*. (in Ukrainian)
6. Werner, I.E. (Ed.). (2020). Ukraine in figures in 2019. *State Statistics Service of Ukraine. Statistical Collection*. (in Ukrainian)
7. State Agency of Motor Roads of Ukraine. Retrieved from <https://ukravtodor.gov.ua/> (in Ukrainian)
8. List of state highways of Kharkiv region. Retrieved from https://kh.ukravtodor.gov.ua/pro_sluzhbu/pere-lik_derzhavnykh_avtomobilnykh_dorih_kharkivskoi_oblasti.html (in Ukrainian)
9. Clear infographics of the classification of roads in the Kharkiv region. Retrieved from https://kh.ukravtodor.gov.ua/pro_sluzhbu/zrozumila_infografika_klasyfikatsii_dorih_kharkivskoi_oblasti.html (in Ukrainian)
10. Abolmasova, H. V., Pisia, L.A., & Cherba, O.V. (2019). Elements of an integrated approach in the environmental assessment of roadside pollution. *Proceedings of the XV International. scientific-practical conf.: Environmental safety: problems and solutions*. Kharkiv, (2019, Sept. pp. 9-13). *USRIEP*. 5-8. Retrieved from <http://www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/Konfer2019.pdf> (in Ukrainian)
11. Adamova, H.V. (2021). Analysis of the impact of the "car-road-environment" system on the environment. *The current state of development of world science: characteristics and features. Collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 1), Lisbon (2021, June 4), Portuguese Republic: European Scientific Platform*. <https://doi.org/10.36074/scienta-04.06.2021> (in Ukrainian)
12. Abolmasova, H.V., & Pisia, L.A. (2020). Heavy metals in the soils and vegetation of the roadside. *Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference: Environmental safety: problems and solutions*. (Kharkiv, 2020, September 14-18), *USRIEP*. 13-17. Retrieved from <http://www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2020.pdf> (in Ukrainian)
13. Abolmasova, H.V. (2020). The "car-road" system as a source of heavy metals in the roadside space. *Collection of abstracts of the IV Specialized International Zaporizhia Ecological Forum "ECO FORUM - 2020" Zaporizhia City Council, Zaporizhia Chamber of Commerce and Industry*, (Zaporizhia, 2020, October 15-17). Retrieved from <https://new.ziif.in.ua/wp-content/uploads/2020/12/Zbirka-tez-Eko-Forum-2020.pdf> (in Ukrainian)
14. Environmental Impact Assessment Overhaul of the highway entrance to Boryspil International Airport km 0 + 000 - km2 + 800 (inv. №47590) with lighting system (inv №47273) (adjustment). (2017). *WORKING PROJECT. VOLUME 5. 37-14.2 / 5-3-OVNS. LLC "INTERPROJEKT"*. (in Ukrainian)
15. Kovalenko L.O. (2016). Analysis of air pollution monitoring. *Scientific and technical collection "Problems of urban environment development"*, (2(16), 168-177. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2016_2_21 (in Ukrainian)
16. Denisov, V.V. (2015). Ecology of the city. Rostov n/D. (in Russian)
17. Pepina, L.A., & Sozontova, A.N. (2017). Pollution of atmospheric air by the road complex. *Alfabuild*, 1 (1), 99-110. Retrieved from https://alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/AlfaBuild/AlfaBuild_2017_1/8_1.pdf (in Russian)
18. Rolli, N.M, Hiremath, P.S, Karalatti, B.I, Hotti, Y.B & Kattimani, V.K (2019). Phytoassay of Heavy Metals Pollution in Roadside Environment: Bioindicators. *Int J Recent Sci Res.*, 10(12), 36499-36503. <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2020.1012.4934>
19. Pankaj, Kumar & Kuldeep. (2018). Potential Toxic Heavy Metal Contamination of Roadside Soil. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*. 7(07), 465-471. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.056>
20. Leonidova, T. V., Sidorenkova, N. K., Bloxina, N. A., & Xaritonov, I. D. (2019). Content of heavy metals in the roadside zone of automobile routes. *International Journal of Applied and Basic Research*, (1), 146-149. Retrieved from <https://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=12657>

21. Hyun-Min Hwang, Matthew, J. Fiala, Terry, L. Wade & Dongjoo Park. (2019). Review of pollutants in urban road dust: Part II. Organic contaminants from vehicles and road management. *International Journal of Urban Sciences*, 23(4), 445-463. <https://doi.org/10.1080/12265934.2018.1538811>
22. Mostepan, O.V. (2011). Investigation of the impact of stormwater from highways with different traffic intensity on water pollution. *Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University*, (52), 23–26. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-livnevnyh-vod-s-avtomobilnyh-dorog-s-raznoy-intensivnostyu-dvizheniya-na-zagryaznenie-vodnyh-obektov/viewer> (in Ukrainian)
23. Mateichyk, V.P., Vaihanh, H.O., & Yanovskyi, V.V. (2016). Estimation of parametric pollution of the roadside environment by urban traffic flows. *Bulletin of the National Transport University. "Technical Sciences" series. Scientific and technical collection*, 2(35), 141-150. Retrieved from http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/35_2016/141-150.pdf (in Ukrainian)
24. Zerkalov, D.V. (2012). Ecological safety and environmental protection: *Monograph. K.: Osnova*, (in Ukrainian)
25. Grubesa, S. & Suhanek, M. (2020). Traffic Noise, Noise and Environment, Daniela Siano and Alice Elizabeth González, IntechOpen, <https://doi.org/10.5772/intechopen.92892>
26. Abolmasova, H.V., Pisia, L.A., Cherepnov, I.A., & Kalinin, I.V. (2019). Comprehensive environmental assessment of the impact of the car-road-environment system on the environment. *Scientific Journal "Environmental Engineering"*, 4(14), 75-85. Retrieved from <http://enm.khntusg.com.ua/index.php/enm/issue/view/24> (in Ukrainian)
27. Kravchenko, T.K., & Seredenko, N.N. (2012). Creating decision support systems: integrating the benefits of individual approaches. *Artificial intelligence and decision making. M.: Publishing House of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences*, (1), 39-46. Retrieved from http://www.isa.ru/aidt/images/documents/2012-01/39_46.pdf (in Russian)
28. Named Taherdoost. (2017). Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP); A Step by Step Approach. *International Journal of Economics and Management System, IARAS*, HAL Id: hal-02557320 Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02557320>

The article was received by the editors 30.06.2021

The article is recommended for printing 12.10.2021

А. В. АДАМОВА

аспирантка лабораторії оцінки впливу на оточуючу середу
і екологічної експертизи

e-mail: abolmasova@niiep.kharkov.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2560-1032>

Научно-дослідницьке університетське заклад «Український науково-дослідницький інститут
екологічних проблем», ул.Бакуліна,6, г. Харків, 61166, Україна

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМЫ «АВТОМОБИЛЬ-ДОРОГА-СРЕДА» НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ДОРОГИ М-29

Цель. Представить методический подход и результаты комплексной эколого-аналитической оценки воздействия на окружающую среду системы «автомобиль-дорога-среда».

Методы. Экспертно-аналитический анализ, метод анализа иерархий Т.Саати, полевые, метод атомно-абсорбционной спектроскопии.

Результаты. Анализ комплексного воздействия системы «автомобиль-дорога-среда» (АДС) на состояние окружающей природной среды позволил разработать комплексную многоуровневую иерархическую структуру влияния системы «АДС» на составляющие окружающей среды для последующего проведения эколого-аналитической оценки. По результатам эколого-аналитической оценки определено, что элементы окружающей среды подвергаются значительному воздействию со стороны деятельности системы «АДС», причем больше всего живые организмы в придорожном пространстве (43,08% от общего воздействия). Установлено, что целесообразно применять прямые измерения при выборе информативности точек отбора проб почвы и растительности. Выявлено превышение ПДК тяжелых металлов в образцах растительности и почвы придорожного пространства на расстоянии 10 м, 50 м и 100 м от полотна дороги, установлено ранговый ряд накопления тяжелых металлов в исследуемых образцах растительности и почвы придорожного пространства.

Выводы. Комплексность воздействия системы «АДС» на окружающую среду существенно зависит от биотической составляющей придорожного пространства. Биота придорожного пространства не только склонна к кумуляции загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов, но и может использоваться для эффективного комплексного мониторинга экологического состояния окружающей среды в зоне влияния автомобильных дорог.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экспертно-аналитическая оценка, метод анализа иерархий, придорожная почва, придорожная растительность, тяжелые металлы

Статья поступила в редакцию 02.08.2021

Статья рекомендована к печати 12.10.2021