

І АОІ АЕ ОА І І ААЕ² АЕВ І О²І Р ААІ І В  
 АЕІ І І І ²×І ЕО ÇАЕОЕ²А АІ АЕ²ЕЕР АІ АНЕ²АІ Е ÇААДОАІ АІ І В  
 ОЕ²АЕЕАЕІ Е АЕЕЕААІ Е ААОІ ОДАІ НІ І ДОО

*Проаналізовано класичну методику визначення збитків-наслідків діяльності автотранспорту, що базується на статистичних показниках. Досліджено розроблену методику, що ґрунтується на реальних даних концентрацій шкідливих викидів. Оцінено збитки внаслідок забруднення приземистого шару атмосфери автотранспортом у центральній частині міста Тернопіль. Запропоновано механізм розподілу відповідальності за забруднення довкілля між учасниками цього процесу.*

*The article deals with the classic method of determination of losses-consequences of activity of motor transport which is based on statistical indexes. Developed method which is based on these real concentrations of harmful extras has been investigated. Losses were appraised as a result of contamination of stocky layer of atmosphere by a motor transport in a central part of the city Ternopil. The mechanism of distributing of responsibility was offered for contamination of environment between the participants of this process.*

Сучасний стан довкілля у великих містах України характеризується зростанням техногенного навантаження, що зумовлює забруднення атмосферного повітря, підземних і поверхневих вод, нагромадження великої кількості небезпечних відходів, деградацію земельних ресурсів і забруднення ґрунтів мінеральними добривами, пестицидами, важкими металами та ін. Значну частку в цьому займає забруднення шкідливими викидами автотранспорту. У деяких містах воно сягає 80–90% від усіх викидів в атмосферу.

Діють різні методики оцінювання збитків довкіллю внаслідок діяльності автотранспорту на основі визначення обсягів шкідливих речовин. Вони базуються на інтегрованих показниках і неточних статистичних даних. Проте існує реальна лабораторна база вимірювань концентрацій шкідливих речовин, яка міститься у СЕС великих міст. З огляду на це було розроблено точнішу методику, яка базується на реальних вимірюваннях концентрацій шкідливих речовин, відображає динаміку збитків і дає змогу визначати обсяги збитків у будь-яких часових інтервалах.

Визначивши величину економічних збитків навколишньому середовищу за певний період на певній території, можна стверджувати, що він еквівалентний платі за забруднення навколишнього середовища. Тому можна запропонувати схему розподілу відповідальності за забруднення довкілля.

Мета цієї статті – аналіз класичної методики оцінки збитків і дослідження методики, що базується на реальних концентраціях шкідливих викидів та обґрунтування розподілу відповідальності за збитки, завдані транспортними одиницями.

Оцінювання таких збитків будемо здійснювати за методикою розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів [1] за даними міста Тернополя. Розрахунок проводимо окремо для транспортних засобів юридичних осіб та окремо – для фізичних осіб. У цих випадках ми маємо різні вхідні та вихідні дані. Розрахуємо збитки від шкідливої речовини діоксиду азоту.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання окремих видів палива транспортними засобами фізичних осіб у населених пунктах здійснюється за формулою:

$$B_{ij} = \Pi_{i\text{нп}} \times K_{ji} \times K_{j\text{имс}}, \quad (1)$$

де  $B_{ij}$  – обсяги викидів  $j$ -тої забруднюючої речовини та парникового газу (крім свинцю) від використання  $i$ -того виду палива;  $\Pi_{i\text{нп}}$  – річне споживання  $i$ -того виду палива на потреби транспортних засобів у приватній власності населення у населеному пункті;  $K_{ji}$  – усереднений питомий викид  $j$ -тої забруднюючої речовини (крім свинцю) та парникового газу для транспортних засобів населення від споживання  $i$ -того виду палива;  $K_{j\text{имс}}$  – коефіцієнти впливу технічного стану автотранспорту на викиди  $j$ -тої забруднюючої речовини від використання  $i$ -того виду палива.

Річні обсяги використання палива  $\Pi$ , на потреби транспортних засобів, що перебувають (zareєстровані) у приватній власності населення, у розрізі населених пунктів розраховуються на підставі даних відділу державної статистики в Тернопільській області за формою № 3-торг. Тому річне споживання  $i$ -того виду палива транспортними засобами у приватній власності населення у 2009 р. було: бензину моторного – 7903,6 т; дизельного пального – 4571,9 т; газу скрапленого для автомобілів – 814,4 т.

Питомі викиди шкідливих речовин в атмосферу від споживання однієї тонни палива та коефіцієнти технічного стану транспортних засобів подаються в методиці.

Проведемо оцінку викидів діоксид азоту в повітря від роботи транспортних засобів, що перебувають у приватній власності населення в Тернополі:

$$B_{\text{да}} = 7903,6 \times 21,0 \times 0,9 + 4571,9 \times 31,4 \times 0,95 + 814,4 \times 21,0 \times 0,9 = 301,15 \text{ (тонн).}$$

Далі проведемо оцінку викидів у повітря від автотранспорту, яку використовують юридичні особи.

Витрати палива на експлуатацію автомобілів у звіті за формою № 2-тр (річна) наводяться в одиницях об'єму. Для їхнього переведення у вагові одиниці застосовують такі коефіцієнти ( $K_i$ ): для бензину – 0,74 кг/л; для газойлів (дизельного пального) – 0,85 кг/л; для газу скрапленого – 0,55 кг/л; для газу стисненого – 0,59 кг/м<sup>3</sup>.

Розрахунок обсягів витраченого палива  $m$ -суб'єктом господарської діяльності за групами автотранспорту у вагових одиницях здійснюється за формулою:

$$M_{ikm} = Q_{ikm} \times K_i, \quad (2)$$

де  $M_{ikm}$  – маса витраченого  $i$ -того виду палива  $k$ -тою групою автотранспорту  $m$ -того суб'єкта господарської діяльності (т);  $Q_{ikm}$  – кількість витраченого  $i$ -того виду палива  $k$ -тою групою автотранспорту  $m$ -того суб'єкта господарської діяльності в одиницях об'єму (тис. л, тис. м<sup>3</sup>).

За даними Головного управління статистики в Тернопільській області в 2009 р. витрати палива на експлуатацію автомобілів в місті Тернополі представлені в табл. 1.

Таблиця 1

**Витрати палива на експлуатацію автомобілів**

Найменування показника	Код рядка	Бензин, тис. л	Дизельне пальне, тис. л.	Газ скраплений, тис. л	Газ стиснений, тис. м <sup>3</sup>
А	Б	1	2	3	4
Усього (сума рядків 902, 905, 907, 908, 911)	901	7624,0	16726,4	607,3	5387,8
у тому числі:					
вантажними автомобілями	902	3616,1	12435,1	558,9	2310,8
з них газодизельними	903	х	–	х	–
пасажирськими автобусами	905	1063,5	2899,9	–	2975,8
пасажирськими легковими автомобілями	907	1973,2	189,5	5,8	–
спеціальними автомобілями легковими	908	357,7	–	–	–
спеціальними автомобілями нелегковими	911	613,5	1201,9	42,6	101,2
з них газодизельними	912	х	–	х	–

Обсяги витрат палива становитимуть відповідно: для бензину –  $M = 0,74 \times 7624,0 = 5641,76$  (т); для газойлів (дизельного палива) –  $M = 0,85 \times 16726,4 = 14217,44$  (т); для газу скрапленого –  $M = 0,55 \times 607,3 = 334,02$  (т); для газу стисненого –  $M = 0,59 \times 5387,8 = 3178,80$  (т).

Для оцінки викидів забруднюючих речовин від автотранспорту юридичних осіб використовують також такі показники як питомі викиди та коефіцієнт технічного стану автотранспорту, що подані в методиці.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря (крім свинцю) від використання палива автотранспортом юридичних осіб здійснюється за формулою:

$$B_{jim} = M_{ikm} \times K_{nbjik} \times K_{mcjik}, \quad (3)$$

де  $B_{jkm}$  – обсяги викидів  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) від спожитого палива  $i$ -го виду  $k$ -тою групою автотранспорту  $m$ -того суб'єкта господарської діяльності;  $M_{ikm}$  – обсяги спожитого палива  $i$ -го виду  $k$ -тою групою автотранспорту  $m$ -того суб'єкта господарської діяльності;  $K_{nbjik}$  – питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) від використання палива  $i$ -го виду  $k$ -тою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності;  $K_{mcjik}$  – коефіцієнт впливу технічного стану на питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) від використання  $i$ -го виду палива  $k$ -тою групою автотранспорту.

Зробимо розрахунок сумарних викидів діоксиду азоту у повітря від використання палива автотранспортом юридичних осіб у Тернополі:

$$B_{\text{за}} = 5641,76 \times (21,6+20,5+21,0+21,0+21,6) \times 0,9 + 14217,44 \times (31,4+31,0+31,4+31,4+31,4) \times 0,95 + 334,02 \times (21,6+20,5+21,0+21,0+21,6) \times 0,9 + 3178,80 \times (27,4+26,5+27,4+27,4+27,4) \times 0,9 = 3072,98 \text{ (тонн)}.$$

Отже, від роботи транспорту юридичних та фізичних осіб міста Тернополя у 2009 р. в атмосферне повітря потрапило 3374,13 тонн діоксиду азоту.

Відповідно до "Інструкції про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища", затвердженої спільним наказом Мінекобезпеки та ДПА № 162/379 від 19. 07. 1999 р., сума збору визначається залежно від кількості використаного пального [2].

Величину збитків за видами, віднесеними до тонни шкідливих викидів, можна розрахувати за формулою:

$$П_{\text{ен}} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot H_{ni} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де  $M_i$  – кількість використаного пального  $i$ -того виду, у тоннах (т);  $H_{ni}$  – норматив збору за тунну  $i$ -того виду пального, у гривнях (грн./т) з урахуванням індексації (131 (грн/т),  $I = 1,252$  (для 2008 р.);  $K_1$  – коригуючий коефіцієнт, який враховує чисельність жителів населеного пункту (1,2 (100,1–250 тис. осіб);  $K_2$  – коригуючий коефіцієнт, який враховує народногосподарське значення населеного пункту (1,25 – місто державного значення).

Тоді сума річних збитків від викидів діоксиду азоту становитиме:

$$П_{\text{ен}} = 3374,13 \times 131 \times 1,252 \times 1,2 \times 1,25 = 830,10 \text{ (тис. грн.)}.$$

Для отримання середньомісячних збитків поділимо річні збитки від викидів діоксиду азоту на 12:

$$П_{\text{ем}} = \frac{830,10}{12} = 69,18 \text{ (тис. грн)}.$$

Отже, що збитки від викидів діоксиду азоту внаслідок діяльності автотранспорту в місті Тернополі за місяць (наприклад квітень) 2009 р. становлять 69,18 тис. грн.

Задача моделювання динаміки економічних збитків, пов'язаних із забрудненням концентраціями шкідливих речовин внаслідок діяльності автотранспорту, зводиться до побудови моделі, яка внаслідок стохастичності й нестационарності процесів забруднення та наявності похибок вимірювань є не детермінованою. Тому для розв'язування цієї задачі ми використали методи аналізу інтервальних даних, зокрема методи ідентифікації дискретних динамічних систем, описані у праці [3].

Моделі динаміки збитків описують лінійними різницевиими рівняннями:

$$\begin{cases} x_{1k+1} = \bar{g}_1^T \cdot \bar{x}_k + \bar{q}_1^T \cdot \bar{u}_k \\ \vdots \\ x_{ik+1} = \bar{g}_i^T \cdot \bar{x}_k + \bar{q}_i^T \cdot \bar{u}_k, \quad k = 0, \dots, N-1 \\ \vdots \\ x_{mk+1} = \bar{g}_m^T \cdot \bar{x}_k + \bar{q}_m^T \cdot \bar{u}_k \end{cases} \quad (5)$$

а взаємозв'язок між миттєвими значеннями концентрацій шкідливих викидів автотранспорту та збитками описують такими рівняннями:

$$\bar{y}_{k+1} = NZV \cdot \bar{x}_{k+1} + \bar{e}_{k+1}, \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (6)$$

де  $\bar{g}_i$  – невідомі вектори параметрів моделі,  $\bar{g}_i \in R^m, i = 1, \dots, m$ ;  $\bar{q}_i$  – невідомі вектори параметрів факторів впливу на забруднення,  $\bar{q}_i \in R^p, i = 1, \dots, m$ ;

$$NZV = \begin{pmatrix} nzv_{11} & \dots & nzv_{1i} & \dots & nzv_{1n} \\ nzv_{12} & \dots & nzv_{2i} & \dots & nzv_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ nzv_{m1} & \dots & nzv_{mi} & \dots & nzv_{mn} \end{pmatrix} - \text{відома матриця коефіцієнтів перерахунку виміряних}$$

концентрацій шкідливих викидів у розміри економічних збитків;  $k$  – дискретне часове значення;  $k = 0, \dots, N - 1$ ;  $\bar{y}_{k+1}$  – вектор виміряних концентрацій шкідливих викидів;  $\bar{y}_{k+1} \in R^n$ ;  $\bar{x}_k$  – вектор економічних збитків за видами в  $k$ -тий дискретний момент часу;  $\bar{x}_k \in R^m$ ;  $\bar{x}_{k+1}$  – вектор економічних збитків за видами в  $k+1$ -тий дискретний момент часу;  $\bar{x}_{k+1} \in R^m$ ;  $\bar{u}_k$  – вектор факторів впливу на забруднення в  $k$ -тий дискретний момент часу (інтенсивність руху транспортних засобів, рівень провітрюваності частин міста, погодні умови, напрям вітру та ін.);  $\bar{u}_k \in R^p$ ;  $\bar{e}_{k+1} = (e_{1k+1}, e_{2k+1}, \dots, e_{nk+1})^T$  – вектор похибок із відомими граничними значеннями.

Для оцінювання параметрів  $\bar{g}_i$  моделі динаміки економічних збитків та факторів впливу  $\bar{q}_i, i = 1, \dots, m$  складають систему інтервальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\hat{x}_{k=0}] = [\hat{x}_0] \subseteq [\bar{z}_0] \\ z_{1k+1}^- \leq \hat{g}_1^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_1^T \cdot \bar{u}_k \leq z_{1k+1}^+ \\ \vdots \\ z_{ik+1}^- \leq \hat{g}_i^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_i^T \cdot \bar{u}_k \leq z_{ik+1}^+ \\ \vdots \\ z_{mk+1}^- \leq \hat{g}_m^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_m^T \cdot \bar{u}_k \leq z_{mk+1}^+, k = 0, \dots, N - 1 \\ [\hat{x}_{1k+1}] = \hat{g}_1^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_1^T \cdot \bar{u}_k \\ \vdots \\ [\hat{x}_{ik+1}] = \hat{g}_i^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_i^T \cdot \bar{u}_k \\ \vdots \\ [\hat{x}_{mk+1}] = \hat{g}_m^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_m^T \cdot \bar{u}_k \end{array} \right. \quad (7)$$

Розв'язками даної системи інтервальних рівнянь є оцінки  $\hat{g}_i (i = 1, \dots, m)$  параметрів моделі та оцінки  $\hat{q}_i (i = 1, \dots, m)$  вектора факторів впливу, які дають змогу побудувати таку модель динаміки економічних збитків:

$$\hat{x}_{k+1} = \hat{g}_1 \cdot \hat{x}_k + \hat{q}_1 \cdot \bar{u}_k. \quad (8)$$

Для розв'язування задачі побудови математичної моделі динаміки економічних збитків – наслідків забруднення атмосфери автотранспортом потрібно спочатку знайти коефіцієнти матриці перерахунку виміряних концентрацій шкідливих викидів у розміри економічних збитків, а потім оцінити інтервали економічних збитків за виміряними концентраціями.

Тоді, відповідно до методики [1], величину збитків за видами, віднесеними до тонни шкідливих викидів, можна розрахувати за формулою (4).

Кожен елемент матриці взаємозв'язку між концентраціями виявлених миттєвих значень шкідливих речовин і збитками різних видів обчислюємо за формулою:

$$c_{ij} = 1 / NZV_{ij} \cdot II \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (9)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт перерахунку миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів у концентрації за певний період.

Методика розрахунку коефіцієнта  $K_3$  зорієнтована на відповідну технологію отримання миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів. Розглянемо розрахунок вказаного коефіцієнта при використанні спектроаналізаторів типу "Аквілон 1-1", "СФ-26", "Тайфун Р-20-2". Технологія вимірювання миттєвих значень концентрацій за допомогою вказаних приладів передбачає забір повітря в точках вимірювань упродовж  $t_v=10-20$  хвилин і з подальшим виділенням концентрацій шкідливих викидів у лабораторних умовах. Тому реально процес вимірювання дає змогу встановити сумарні миттєві концентрації шкідливих викидів автотранспорту та фонові концентрації. Водночас у місцях постійного скупчення великої кількості автотранспорту частка шкідливих викидів у виміряних миттєвих концентраціях суттєво перевищуватиме фонові. Отже, останніми можна знехтувати. До того ж інтенсивне розповсюдження шкідливих викидів в атмосфері внаслідок провітрювання забезпечуватиме збігання виміряних миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів з реальними викидами автотранспорту за період вимірювання.

За цих умов коефіцієнт  $K_3$  обчислюватимемо за такою формулою:

$$K_3 = V \cdot t_k / t_v,$$

де  $V$  – об'єм приземистого шару атмосфери, який визначається його товщиною та площею району інтенсивного руху автотранспортних засобів;  $t_v$  – тривалість забору повітря для вимірювання концентрацій шкідливих викидів, виражена у частці до річної;  $t_k$  – тривалість дискретності у частці до року. Для розрахунку коефіцієнта  $K_3$  перерахунку миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів у щоденні концентрації встановлено, що об'єм приземистого шару атмосфери міста Тернополя становить:  $V = 177000000 \text{ м}^3$ .

Вимірювання миттєвих значень концентрацій діоксиду азоту проводились щоденно протягом квітня 2009 р. Далі за значеннями концентрацій шкідливих викидів наведена методика оцінки приведеної добової інтенсивності транспортних потоків.

Інтенсивність транспортних потоків можна визначити виходячи з наявних концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Тобто, в момент забору повітря, маючи реальне значення концентрації і врахувавши питомі викиди шкідливої речовини на тону використаного пального, можна дізнатися про кількість витраченого палива на той момент.

Отже, обсяги використаного палива за період забору повітря (10 хв) на  $1 \text{ м}^3$  можна визначити за формулою:

$$\bar{M}_k = \frac{\bar{y}_k}{\bar{K}_j},$$

де  $\bar{M}_k$  – середні обсяги спожитого пального в  $k$ -тий момент часу (т);  $\bar{y}_k$  – середні значення миттєвих концентрацій забруднюючої речовини за  $k$ -тий період ( $\text{г/м}^3$ );  $\bar{K}_j$  – середні питомі викиди  $j$ -тої забруднюючої речовини від використання палива.

Щоб дізнатися скільки пального було спожито на всій території міста за добу, слід скористатися такою формулою:

$$M = \bar{M}_k \cdot V \cdot 6 \cdot 24$$

Далі припускаємо, що в середньому транспортний засіб, який проїжджає містом, витрачає на роботу близько 3 кг палива. Тоді приведену інтенсивність транспортних потоків визначимо за такою формулою:

$$u_k = \frac{M}{3}.$$

Розрахована інтенсивність транспортних потоків була проведена для різних районів міста, поділеного на десять районів. Результати фіксувались і виявились однаковими. Отримана оцінка практично збіглася з оцінкою експертів і з середньою щоденною оцінкою перебування транспорту в момент викидів шкідливих речовин.

Далі за допомогою методики оцінювання приведеної добової інтенсивності транспортних потоків та миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів робимо розрахунок гарантованих меж щоденних збитків для  $k+1$  та  $k$ -тої дискрет.

За розрахованими даними знаходимо параметри моделі:

$$[\hat{x}_{k+1}] = \hat{g}_{дор} \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_{дор} \cdot u_k, \quad (10)$$

де  $[\hat{x}_{k+1}], [\hat{x}_k]$  – інтервальні прогнози щоденних збитків у квітні 2009 р., нанесених довкіллю внаслідок забруднення автотранспортом:  $\hat{g}_{dop} = -26,74 \cdot 10^{-3}$ ,  $\hat{q}_{dop} = 16,39 \cdot 10^{-3}$ .

Коридор інтервальних моделей разом із експериментальними, наведені на рис. 1.

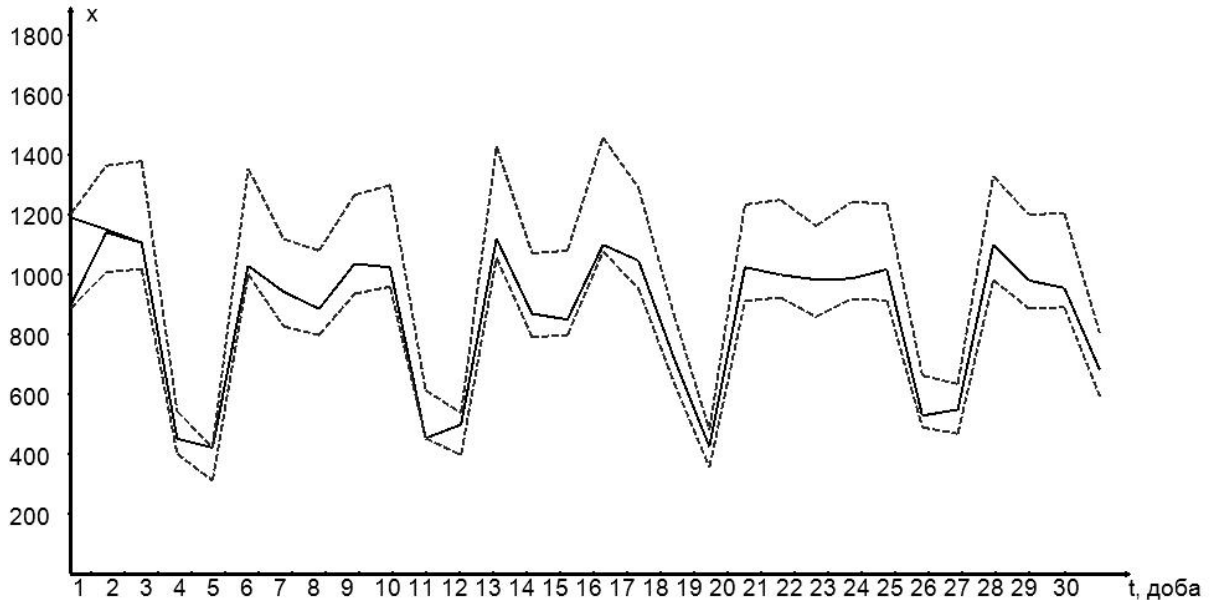


Рис. 1. Динаміка збитків від забруднення шкідливими речовинами діоксиду азоту

Суцільною лінією позначено межі прогнозованого коридору, який звужується зі зростанням номера дискрети. Пунктирна лінія відображає коридор експериментальних даних. Як видно із рис. 1, отриманий розв'язок є допусковим, оскільки прогнозні коридори включені в експериментальні. Таким чином, модель є адекватна.

Отже, інтервальна модель динаміки економічних збитків-наслідків шкідливих викидів автомобільним транспортом за квітень у м. Тернопіль матиме вигляд (10).

Тепер для оцінювання інтегрованих економічних збитків внаслідок забруднення довкілля автотранспортом за певний період використаємо таку формулу:

$$ZB_{t_1, t_2} = \int_{t_1}^{t_2} [\hat{x}^-, \hat{x}^+] dt, \quad (11)$$

де  $[\hat{x}^-, \hat{x}^+]$  – це інтервальні оцінки збитків, отримані на основі моделі динаміки збитків;  $[t_1, t_2]$  – інтервал інтегрування, який означає початок і кінець періоду, на якому проводиться оцінювання збитків.

Формула (11) дає змогу розрахувати збитки для будь-якого проміжку часу, який визначається інтервалом інтегрування  $[t_1, t_2]$ . Особливість використання цієї формули виникає, коли є змога сегментувати район на частини з різною інтенсивністю транспортних потоків.

Враховуючи, що математична модель динаміки економічних збитків (10) отримана в дискретному вигляді, формула (11) набуде вигляду:

$$ZB_{t_1, t_2} = \sum_{k=K_{t_1}}^{K_{t_2}} [\hat{x}_{k+1}] = \sum_{k=K_{t_1}}^{K_{t_2}} \hat{g}_i \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_i \cdot \bar{u}_k, \quad (12)$$

де  $[K_{t_1}, K_{t_2}]$  – дискрети, які відповідають періоду з  $[t_1, t_2]$ .

Тепер, використовуючи (12), оцінимо збитки за квітень у м. Тернопіль внаслідок забруднення діоксидом азоту. Для цього використаємо інтервальну модель динаміки економічних збитків внаслідок шкідливих викидів автотранспортом, а саме діоксидом азоту:

$$\hat{x}_{k+1} = -26,74 \cdot 10^{-3} \hat{x}_k + 16,39 \cdot 10^{-3} \cdot u_k.$$

У процесі інтегрування використаємо класичну інтервальну арифметику [4]. Для цієї моделі формула (12) матиме вигляд:

$$\begin{aligned}
 ZB_{k_1, k_2} &= \sum_{k=k_1}^{k_2} [\hat{x}_{i(k-1)}] = \sum_{k=k_1}^{k_2} -26,74 \cdot 10^3 [\hat{x}_k] + 1639 \cdot 10^3 \cdot \bar{u}_k = \\
 &= -26,74 \cdot 10^3 \sum_{k=k_1}^{k_2} [\hat{x}_k] + 1639 \cdot 10^3 \sum_{k=k_1}^{k_2} \bar{u}_k.
 \end{aligned}$$

Використання цієї формули дало змогу розрахувати місячні збитки (за квітень) для 2009 р. внаслідок забруднення приземистого шару атмосфери міста Тернопіль.

Отже, за допомогою розробленої методики, що ґрунтується на реальних концентраціях шкідливих речовин, ми встановили, що місячні збитки від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту перебувають у межах [25, 62; 25, 91] тис. грн.

Переваги розглянутої методики оцінювання інтегрованих економічних збитків у тому, що:

1) оцінювання збитків ґрунтується на реальних концентраціях забруднень приземистого шару атмосфери;

2) методика дає змогу оцінити збитки за будь-який період часу і виділити ті періоди, де збитки є високими, що в свою чергу уможливіє розроблення адекватних організаційних заходів з метою їхнього зменшення;

3) за допомогою вказаної методики суттєво спрощується розподіл збитків між учасниками процесу забруднення, оскільки на короткий період простіше проводити їхню ідентифікацію.

Порівняльний аналіз традиційної та запропонованої методик оцінювання збитків показав, що класична методика показує збитки в розмірі 69,18 тис. грн., що в 2,7 разу більше від збитків, обрахованих методикою, що базується на інтервальному аналізі. Враховуючи переваги запропонованої методики, можна висловити припущення, що вона більш адекватно відображає процес розрахунку збитків, оскільки базується на реальних даних і забезпечує адекватніший розподіл відповідальності за забруднення довкілля.

Таким чином, запропонована методика оцінки економічних збитків є більш гнучкою і точною, проте для її використання необхідно звужувати контрольований район або збільшувати кількість пунктів вимірювання концентрацій шкідливих речовин, сегментуючи площу, яку займає місто, на частини з різною інтенсивністю транспортних потоків.

Маючи динаміку денного забруднення шкідливими викидами конкретного типу, шляхом поділу центральної частини міста на зони, а також диференціації транспортних засобів за обсягами викидів шкідливих речовин, можна здійснювати розрахунок платежів на основі персоніфікації завданих збитків. Шляхом переходу від концентрації шкідливих речовин до збитків, еквівалентних зборам за забруднення навколишнього природного середовища, можна здійснити розподіл платежів між усіма учасниками процесу забруднення. Отже, маючи величину збитків, завданих довкіллю автотранспортом за квітень, отриману за допомогою розробленої методики, що становить [25, 62; 25, 91] тис. грн., вважаємо, що ця величина еквівалентна сумі зборів за забруднення навколишнього середовища. З огляду на це власники автотранспорту міста Тернопіль за місяць мають сплатити таку ж суму.

На основі даних ВДАІ Тернопільської області в 2009 р. у табл. 2 представлено кількість транспортних засобів у м. Тернопіль.

Таблиця 2

**Відомості про транспортні засоби в м. Тернопіль у 2009 р.**

№ з/п	Вид транспортного засобу	Кількість транспортних засобів		Всього за кожним видом транспорту
		юр. осіб	фіз. осіб	
1	Вантажні автомобілі	764	902	1666
2	Пасажирські автобуси	221	1604	1825
3	Пасажирські легкові автомобілі	2267	45004	47271
4	Спеціальні автомобілі легкові	550	2747	3297
5	Спеціальні автомобілі нелегкові	3164	1670	4834
	Всього	6966	51927	58893

Виходячи з кількості транспортних засобів, можна встановити частку кожного виду транспорту в загальному забрудненні атмосфери, а тому можна встановити частку кожного виду в сумарних зборах за забруднення довкілля (рис. 2).

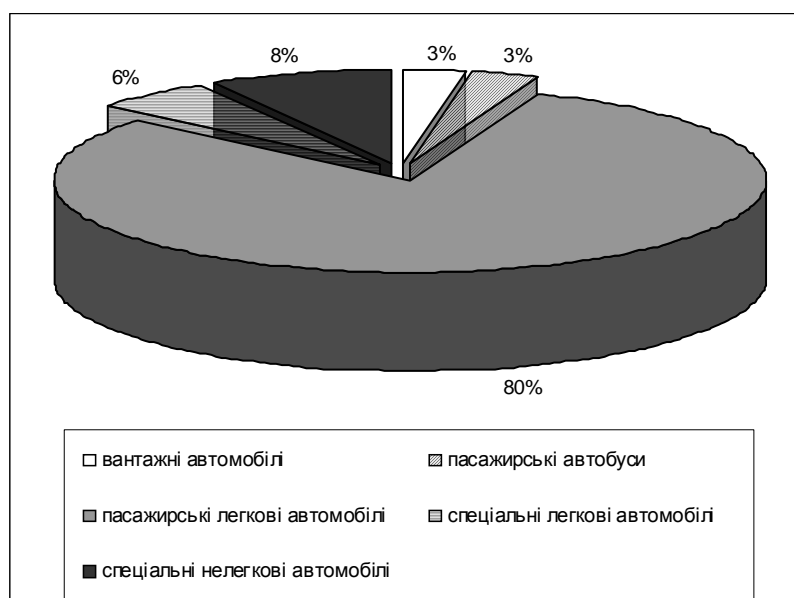


Рис. 2. Частка кожного виду транспорту в сумарних зборах за забруднення

Отже, як видно з рис. 2, понад 80% усіх зборів за забруднення навколишнього середовища мають сплачувати саме власники пасажирських легкових автомобілів, понад 8% – власники спеціальних автомобілів нелегкових, 5,6 % – власники спеціальних автомобілів легкових, 3,1% – власники пасажирських автобусів та 2,83% – власники вантажних автомобілів.

Результати нашого дослідження такі. Здійснено оцінювання інтегрованих економічних збитків довкіллю внаслідок забруднення приземистого шару атмосфери міста Тернополя діоксидом азоту. Розглянуто дві методики визначення збитків-наслідків діяльності автотранспорту: класичну, що базується на статистичних показниках, і запропоновану, що ґрунтується на реальних даних концентрацій шкідливих викидів. Традиційна методика дає дещо завищені результати, бо враховуються збитки для всіх наявних транспортних одиниць, а не лише тих, які реально забруднюють атмосферу в певний період часу. Недоліки класичної методики в тому, що вона враховує кількість проданого палива в місті, а не використаного пального. Крім цього, не всі автотранспортні засоби, зареєстровані в населеному пункті, експлуатуються і з однаковою активністю використовують паливо, а це в свою чергу дає неточне значення коефіцієнта технічного стану автотранспорту. Розроблена ж методика інтервального оцінювання динаміки економічних збитків, завданих середовищу внаслідок забруднення приземистого шару атмосфери автотранспортом, на відміну від існуючих, базується на встановленні миттєвих вимірних концентрацій шкідливих викидів, що дає змогу підвищити точність оцінки збитків та прогнозувати їхню динаміку. Запропоновано механізм розподілу відповідальності за забруднення довкілля між учасниками процесу забруднення.

#### Література

1. Електронний ресурс. – Режим доступу : [http://uazakon.com/documents/date\\_3a/pg\\_gmcywc/index.htm](http://uazakon.com/documents/date_3a/pg_gmcywc/index.htm)
2. Інструкція про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища: від 19. 07. 1999 р. № 162/379/ Міністерство охорони навколишнього середовища та ядерної безпеки України. – Офіц. вид. – К. : ГК, 1999. – 54 с.
3. Кунцевич В. Получение гарантированных оценок в задачах параметрической идентификации / В. Кунцевич, М. Лычак // Автоматика. – 1982. – № 4. – С. 49–59.
4. Алефельд Г. Введение в интервальные вычисления : пер. с англ. / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер – М. : Мир, 1987. – 360 с.