

УДК 656.223:502.5

DOI: 10/34029/2311-4061-2021-140-3-16-28



*Д-р техн. наук
Ломотко Д. В*



*Д-р техн. наук
Огар О. М.*



*Канд. техн. наук
Козодой Д. С.*



*Аспірант
Ломотко М. Д.*

«ЗЕЛЕНА» ЛОГІСТИКА, ЯК ОСНОВА ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАНТАЖНИХ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Ключові слова: залізниця, автотранспорт, «зелена» логістика, мультимодальне перевезення, вплив на довкілля, забруднення повітря, шумове забруднення, засмічення довкілля.

Вступ і постановка проблеми

Сучасною тенденцією світового розвитку є глобалізація національних економік, що відкриває додаткові можливості для виробництва та транспортування продукції масового попиту, за умову зниження її вартості. Світова транспортна система все більше орієнтується на контейнеризацію, оскільки цей спосіб за своїми технологіями та формами

організації найбільш повно адаптується до вимог сервісної економіки, для якої логістичні витрати все частіше поступаються якості та швидкості надання транспортних послуг.

Розвитку мультимодальних технологій безсумнівно сприяє скорочення обсягів перевезень сировинних вантажів та продукції первинної переробки при збільшенні частки високотехнологічних товарів в умовах розширення географії перевезень. Зростання вимог до транспортного процесу, якості логістичного сервісу, збільшенню швидкості і рівню збереження вантажів призвело до загальносистемного ефекту при перевезеннях масових вантажів у контейнерах, за яких концепція «зеленої» логістики грає одну з ключових ролей. Еволюція контейнерних та контрейлерних перевезень стала початком не тільки уніфікації транспортних засобів, але й модернізації їх основних показників, розвитку та адаптації термінального обладнання, змін у світових і держаних нормативних, технологічних, екологічних вимогах до елементів транспортно-логістичних систем.

В Україні розвиток мультимодальних перевезень із залученням залізничного транспорту здійснюється відповідно до Стратегії акціонерного товариства «Українська залізниця» на 2019-2023 роки [1]. Концепція «зеленої» логістики сприяє розвитку вітчизняної макрологістичної системи у напрямку екологічного раціонального проектування та користування, що відповідає сучасним трендам сталого розвитку світової економіки. У зв'язку з цим дослідження та розвиток технологій у сфері комбінованого та мультимодального транспорту в Україні є актуальними.

Метою статті є аналіз можливості використання концепції «зеленої» логістики при вантажних мультимодальних перевезеннях із залученням залізничного транспорту. Відомо, що перевезення окремими видами транспорту не в повній мірі враховує можливі переваги кожного з них. З екологічної точки зору вплив залізничного та автомобільного транспорту на довкілля полягає у певних викидах в атмосферу, відчуженні земельних ділянок під залізничну інфраструктуру, забрудненні води та ґрунтів шляхом потрапляння на них залишків мастила та палива, електромагнітному забрудненні, а також у

наявності вібрації та акустичного забруднення (шуму) та засміченні територій. Якщо вплив транспорту з точки зору викидів у повітря речовин органічного та неорганічного походження значно більш досліджений, то проблеми шумового забруднення та засмічення довкілля потребують свого вивчення на основі використання принципів «зеленої» логістики і, в першу чергу, в умовах здійснення вантажних мультимодальних перевезень.

Аналіз досліджень, публікацій та технологій

Питанням функціонування транспортного комплексу приділяли значну увагу такі вчені, як Бутько Т.В., Данько М.І., Дикань В.Л., Котлубай М.І., Мацюк В.І., Мироненко В.К., Панченко С.В., Смахов А.О., Цветов Ю.М. та інші. В сфері експлуатації залізниць та мультимодальних перевезень відомими є праці таких вчених, як Альошинський Є.С., Бакаєв О.О., Дьомін Ю. В., Запара В.М., Кирилова О.В., Кулаєв Ю.Ф., Красноштан О.М., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Самсонкін В.М. та ін. Аналіз низки літературних джерел показує, що проблеми функціонування транспортної системи можуть бути ще досліджені з точки зору покращення окремих екологічних пока-

зників вантажних мультимодальних перевезень.

Екологічну політику в різних регіонах світу можливо класифікувати як регулятивну (заборони, дозволи та стандарти), фінансову (вигоди за дотримання та зменшення, система екологічних податків) та інформаційно-просвітню (екологічна звітність, аудит, маркування продукції, елементи екологічної освіти). Таким чином, технології «зеленої» логістики ведуть до розвитку законодавства країн у всіх цих сферах. Наприклад, у США все IT-обладнання повинно відповідати вимогам рейтингу Energy Star, який діє з 2007 року. В ЄС контроль за вуглецевим слідом від обладнання та транспортних засобів стає істотним фактором для отримання екологічних сертифікатів.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430 схвалена Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року, яка містить окремий розділ «Безпечний для суспільства, екологічно більш чистий та енергоефективний транспорт» [2]. Структуру витрат АТ «Укрзалізниця» на природоохоронні заходи (2018 р.) наведено на рисунку 1 [7].

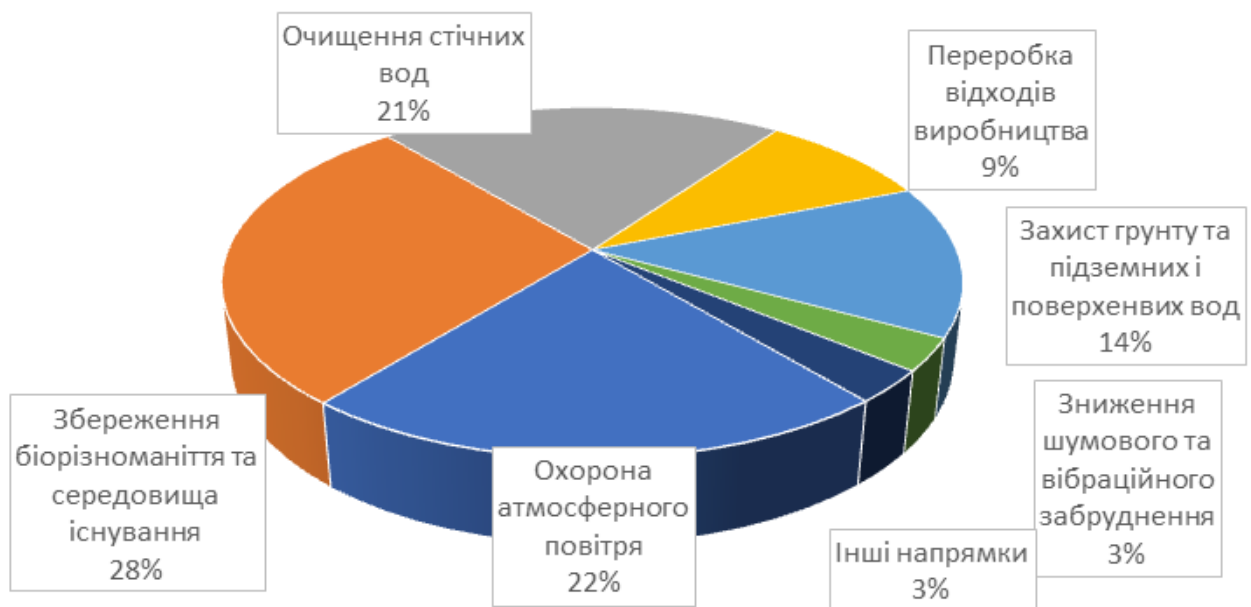


Рис. 1 – Структура витрат АТ «Укрзалізниця» на природоохоронні заходи

Основна частина

У спільному документі Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН, Європейської Конференції Міністрів транспорту (ЄКМТ) і

ЄС "Термінологія комбінованих перевезень" [2] наведено такі визначення:

- мультимодальне перевезення - перевезення вантажів двома або більше видами транспорту;

- інтермодальне перевезення - послідовне перевезення вантажів двома або більшою кількістю видів транспорту в одній і тій же вантажній одиниці або автотранспортному засобі, без перевантаження самого вантажу при зміні виду транспорту;

- комбіноване перевезення - інтермодальне перевезення, в межах якої більша частина рейсу припадає на залізничний, внутрішній водний або морський транспорт, причому будь-який початковий та/або кінцевий відрізок шляху, на якому використовується автомобільний транспорт, є максимально коротким.

У більш широкому сенсі термін "інтермодальність" застосовується для опису системи транспортування, яка передбачає використання двох або більше видів транспорту для перевезення однієї і тієї ж вантажній одиниці або вантажного автотранспортного засобу в рамках комплексного транспортного ланцюга (за технологією «від дверей до дверей») без вантажно-розвантажувальних операцій.

Для впровадження «зеленої» логістики найбільш сприятливими із розповсюджених є мультимодальні технології перевезення вантажів. Поєднання різних видів транспорту створює передумови до мінімізації впливу на довкілля, рівні забруднення повітря, води і ґрунту, на показники акустичного забруднення, кількість випадків травматизму та захворювання, тобто спрямовано на досягнення стійкого балансу між економічними показниками галузі, вимогам суспільства та навколишнім середовищем.

Як правило в якості основних екологічних показників вантажних мультимодальних перевезень розглядається оцінка впливу на атмосферне повітря. Слід зазначити, що автотранспортом вже розглянуто питання питомого забруднюючого впливу на атмосферне повітря від загального при перевезенні 20-футового контейнера (TEU) різними видами транспорту [10], яке становить:

- за рівнем CO для автомобільного - 61,67%, для морського - 38,31%, для залізничного - 0,02%;

- за рівнем NOx для автомобільного - 52,6%, для морського - 35,94%, для залізничного - 11,46%;

- за рівнем SOx для автомобільного - 53,83%, для морського - 31,54%, для залізничного - 14,63%.

В даному контексті перед усіма учасниками мультимодальних перевезень постає необхідність забезпечення екологічної безпеки перевезень та охорони навколишнього середовища. Це можливо досягти шляхом створення системи екологічного менеджменту у відповідності до міжнародного стандарту ДСТУ ISO 14001 «Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування» [4], що містить систему заходів, які стосуються:

- впливу на атмосферне повітря;
- впливу параметричного забруднення (шум, вібрація);
- впливу на ґрунти;
- впливу на водні об'єкти;
- поводження з відходами.

Перевагами впровадження системи екологічного менеджменту та сертифікації згідно з ДСТУ ISO 14001[4] при перевезеннях дозволяє значно знизити споживання електроенергії та природних ресурсів, зменшити розміри екологічних податків, продемонструвати екологічні зобов'язання партнерам і вантажовласникам, показати інноваційність при веденні бізнесу та створити умови для ефективного управління екологічними ризиками. Вже зараз у багатьох галузях країн ЄС від бізнес-партнерів вимагається наявність сертифіката ISO 14001[4] як обов'язкової умови для співпраці.

Оцінку екологічної ефективності підприємства як частини логістичного ланцюга можливо зробити на підставі рекомендації стандарту ISO/FDIS 14031:2021 [13]. Структура операційної діяльності підприємства і фактори, що впливають на його екологічну ефективність та утворення відходів і викидів, наведено на рисунку 2.

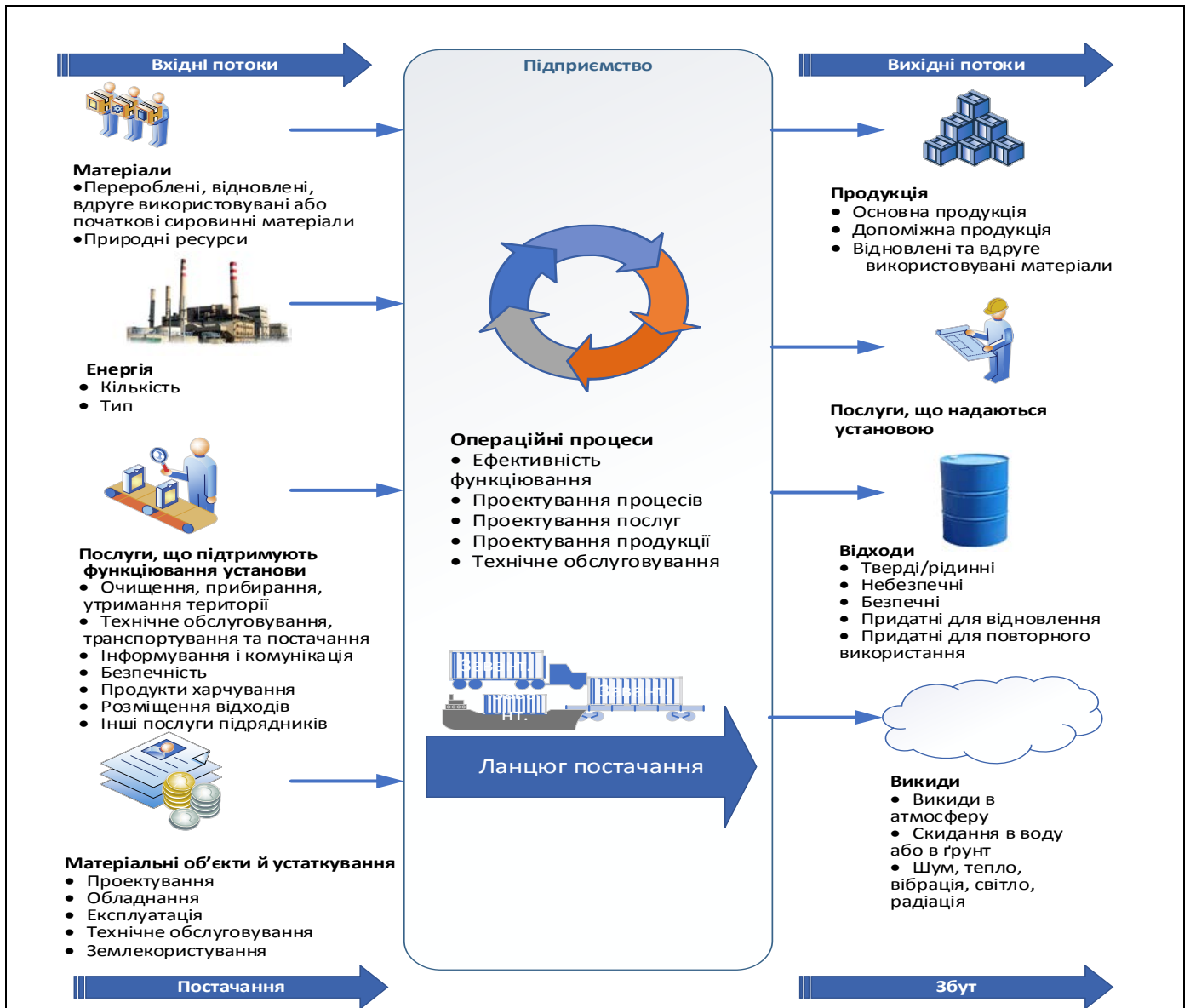


Рис. 2 – Структура операційної діяльності логістичного підприємства та фактори, що впливають на його екологічну ефективність

Основні кількісні показники негативного впливу залізничного транспорту на навколишнє природне середовище, за підсумками 2018 року, такі [7]:

- використання значних земельних площ - 216,4 тис. га, у т. ч. біля 84,3 тис. га під лісонасадженнями, які захищають навколишнє природне середовище від аварійних розсипів і розливів різних вантажів, очищають повітря від пилу та шкідливих речовин, протидіють ерозії ґрунтів і мають шумозахисне та декоративно-озеленювальне значення;

- утворилося 101,382 тис. тон відходів, з яких 0,148 тис. тон - I класу небезпеки, 0,930 тис. тон - II класу небезпеки, 22,450 тис. тон - III класу небезпеки та 77,854 тис. тон - IV класу небезпеки, з них 46,864 тис. тон - твердих побутових відходів.

Забруднення ґрунтового покриву відбувається при переливанні палива, шляхом вивітрювання з вагонів при перевезенні сипучих вантажів на відкритому рухомому складі та при втраті вантажу під час аварійних ситуацій. Статистичні дослідження показують, що щорічно з пасажирських вагонів на кожен кілометр шляху виливається до 200 м³ стічних вод і викидається 12 тон сухого сміття [15]. Під час навантаження, розвантаження і перевезення у вагонах сипучих вантажів відбувається часткове розпорошення цих вантажів, яке може досягати 8 %. Загальновідомо, що чим вище швидкість руху поїздів, тим більше втрати від розпилення. Відповідно до статистичних даних [7], загальна кількість втрат при перевезеннях мінеральних добрив насипом у критих вагонах становить 8,6 %, а

при перевезеннях у піввагонах насипом - 28, 1 %. Загальні втрати цих сипучих вантажів перевищують нормативи природного зменшення в декілька разів, що негативно впли-

ває на довкілля. Експлуатаційні фактори впливу залізничних вантажних вагонів на навколишнє середовище наведено у таблиці 1.

Табл. 1 - Експлуатаційні фактори впливу вантажу залізничних вантажних вагонів на забруднення навколишнього середовища

Тип залізничного вагону	Розсипання вантажу	Витікання вантажу	Випарювання вантажу
Універсальний	є	є	є
Спеціальний		є	є
Піввагон	є	є	
Критий вагон		є	
Платформа	є	є	
Цистерна		є	є
Хопер (думпкар)	є	є	

Принципи оплати за забруднення довкілля запроваджено у Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» [9], який має забезпечити компенсацію витрат, необхідних для ліквідації і нейтралізації наслідків шкоди навколишньому природному середовищу. У вітчизняних умовах розмір шкоди внаслідок засмічення земель (N_3) визначається згідно [11] за формулою

$$N_3 = A \times B \times X \times \Gamma_{oz} \times P_{dz} \times K_{zz} \times K_{er}, \quad (1)$$

де: N_3 - розмір шкоди від засмічення земель, грн;

A - коефіцієнт питомих витрат на ліквідацію наслідків засмічення земельної ділянки, значення якого дорівнює 0,5;

B - коефіцієнт перерахунку, що при засміченні земельної ділянки відходами дорівнює 15, а небезпечними відходами - 300.

Γ_{oz} - нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала засмічення, грн/м²;

P_{dz} - площа засміченої земельної ділянки, м²;

K_{zz} - коефіцієнт засмічення земельної ділянки, що характеризує ступінь засмічення її відходами, який дорівнює 1.25-3.00 [10], залежно від об'єму відходів;

K_{er} - коефіцієнт еколого-господарського значення земель, який для земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення дорівнює 1,0 [10].

Нормативна грошова оцінка земельної ділянки Γ_{oz} залежить від призначення, місця розташування, адміністративного статусу (місто, селище тощо). За даними Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру [11] станом на січень 2021 року величину Γ_{oz} для земель транспортних вузлів оцінено в 1949,78 грн/м² у м. Київ, 1605,47 грн/м² у м. Одеса, 639,78 грн/м² у м. Харків, 584,99 грн/м² у м. Львів, 306,35 грн/м² у м. Дніпро, 290,80 грн/м² у м. Вінниця, 118,24 грн/м² у м. Гребінка, 76,00 грн/м² у м. Жмеринка, 40,3 грн/м² у м. Знам'янка. Таким чином, розмір шкоди внаслідок засмічення земель, розрахований за формулою (1), може коливатися від 377,81 грн. до 18 279,19 грн. за м², тобто відрізняється майже у 50 разів.

Ресурсний цикл утворення та знищення сміття на основі ланцюга технологічно пов'язаних транспортних підприємств, сфери споживання та навколишнього середовища забезпечує постійний обіг ресурсу, що виділяється на боротьбу із сміттям, та процесів утворення сміття, оцінку яких можливо здійснити з урахуванням розміру шкоди від засмічення земель. Динаміку цього процесу можливо представити у вигляді системи диференційних рівнянь, які є певним розвитком моделі динаміки популяцій «хижак-жертва» Лотки - Вольтерра [12], з припущеннями про однорідність забруднення та незмінну в часі інтенсивність всіх процесів:

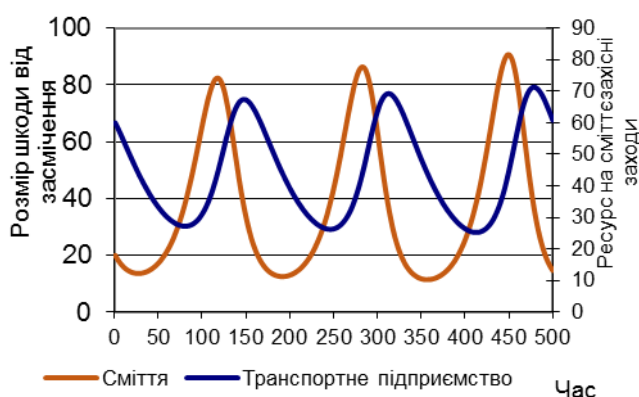
$$\begin{cases} \frac{dN_c}{dt} = N_c + N_c(p_2N_3 - d_2) \\ \frac{dN_3}{dt} = N_3 + N_3(r_1 - p_1N_c - N_3\varepsilon) \end{cases} \quad (2)$$

$$N_3 \geq 0; N_c \geq 0$$

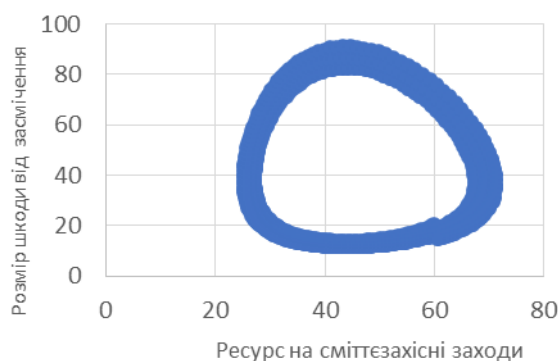
де: N_c – кількісна оцінка фінансового ресурсу, що виділяється на заходи із усунення наслідків сміттевого забруднення на полігоні транспортного обслуговування;

p_2 – коефіцієнт ефективності заходів із знищення наслідків забруднення сміттям;

d_2 – коефіцієнт, що враховує випадкові фактори, які знижують ефект захисту від сміття;



а)



б)

Рис. 3 – Приклад розрахунку циклів заходів та рівня необхідних фінансових ресурсів на усунення наслідків сміттевого забруднення умовного залізничного полігону

З результатів, наведених на рис. 3а, можливо зробити висновок про необхідну циклічність та періодичність проведення заходів із боротьби з сміттям (у прикладі - не рідше ніж кожні 150 діб), що забезпечить транспортному підприємству прийнятний рівень сміттевого забруднення полігону обслуговування та економію фінансових ресурсів у порівнянні із відшкодуванням шкоди за засмічення. На рис. 3б інше представлення цих даних, що свідчить про наявність стійкого балансу між інтенсивністю забруднення та ресурсом, який виділяється на заходи із усунення наслідків від засмічення. Наведену модель (2) можливо доповнювати додатковими, у тому числі випадковими факторами, та рекомендовано покласти у основу системи підтримки прийняття рішень щодо екологічного керування ресурсами логістичного транспортного підприємства.

r_1 – коефіцієнт, що враховує інтенсивність утворення сміття на території транспортного полігону;

p_1 – коефіцієнт, що враховує частку прямого ефекту від заходів із захисту від сміття;

ε – коефіцієнт інтенсивності природного знищення сміття під дією факторів навколишнього середовища.

Цикл та рівень необхідних фінансових ресурсів на заходи із усунення наслідків сміттевого забруднення для умовного полігону наведено на рисунку 3.

Відповідно до проведених досліджень [8] засмічення довкілля може проводитися двома шляхами: безпосередньо через збільшення викидів на кілометр, коли засоби транспорту рухаються з непродуктивною швидкістю, та опосередковано за рахунок збільшення кількості повторних перевезень та переадресування вантажів засобами транспорту. Дослідження показують, що тільки за рахунок реструктуризації транспортної мережі відбувається скорочення на 11 % витрат на експлуатацію та на 10 % викидів CO₂. Зменшення відстані, яку долає товар у ланцюзі поставок, є ключовим моментом в оптимізації транспортної мережі за екологічними критеріями, що відповідають концепції «зеленої» логістики.

Екологічний шлях до відповідного розвитку транспорту включає до себе «зелену» тару та упаковку. «Зелена» упаковка враховує

збереження навколишнього середовища та зменшує вплив товару на довкілля на всіх етапах його життєвого циклу. Зараз упаковка становить 23 % ваги відходів та 37 % обсягу відходів [8]. Тому впровадження контейнерних перевезень дозволяє знизити вимоги до міцності транспортної тари та, як наслідок, – знизити коефіцієнт тари і кількість матеріалу для її виготовлення, який потрапляє у довкілля після транспортування. Новітні технології «зеленої» упаковки дозволяють використовувати її в якості вторинної сировини або створювати умови для організації її сортування і біологічного розкладання у навколишньому середовищі. Використання сучасних саморозкладаючихся миючих засобів та реактивів під час обробки і видалення залишків вантажу із засобів транспорту та контейнерів дозволяє знизити екологічне навантаження на стічні води і ґрунти.

Ініціативи з впровадження «зеленої» логістики на транспорті можуть носити загальносистемний характер та комплексно включати сфери енергетики, постачання, транспортні операції та ринкову конкуренцію у вигляді "зелених" закупок. Раціональна організація постачання товарів за рахунок економічно виправданого закріплення постачальників і виробників у логістичному ланцюгу перевезень забезпечує користь навколишньому середовищу за умови отримання вигоди у соціальному напрямку.

Перевізники також можуть “пом'якшити” наслідки забруднення довкілля шляхом автоматизації процесу планування перевезень у таких напрямках:

- реалізація «зеленого» ланцюга поставок шляхом зменшення використання ресурсів і впорядкування бізнес-процесів;
- створення доступних логістичним операторам інформаційних систем реального часу відстеження вантажів та засобів транспорту;
- зменшення обсягу використання автомобільного транспорту завдяки переорієнтації значної частини перевезень на довгих відрізках маршруту (вище 200 км згідно європейських вимог) на використання більш екологічно чистих видів транспорту, в першу чергу – залізничного;

- автоматизації наскрізних безпаперових бізнес-процесів.

З цієї метою у ЄС ще в 1986 році була затверджена перша версія системи UN/EDIFACT (Electronic data interchange), яка використовується на залізничному транспорті. Ця інформаційна технологія використовує універсальну мову для формалізації електронних документів, наприклад, INVOIC (рахунок-фактура), стандартних замовлень ORDERS (замовлення на поставку), CUSDEC (митна декларація), IFTMFR (міжнародне транспортно-експедиційне повідомлення) тощо. Це дозволило об'єднати інформацію по окремих видах транспорту в мультимодальні повідомлення та отримати екологічний ефект від безпаперового документообігу.

Транспорт значним чином впливає не тільки на рівень забруднення атмосферного повітря, води і ґрунтів. Залізничний та автомобільний транспорт є джерелом параметричних джерел забруднення, зокрема шуму. Найбільш активний підхід до зниження рівня шуму здійснюється на стадії проектування та придбання устаткування за програмою "Buy silence", що існує в Європі.

Для оцінки та управління шумом у навколишньому середовищі рекомендовано також використовувати вимоги директиви 2002/49/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 25 червня 2002 р. [14]. Першим кроком у програмі "Buy silence" є встановлення прийнятних критеріїв шуму для нового обладнання, які приймаються покупцем і продавцем як абсолютна вимога [6]. Сучасне обладнання, що використовується при мультимодальних перевезеннях, задовольняє цим вимогам, а існуюче – у більшості випадків застосовано або доопрацьовано згідно з цими вимогами.

Аналіз досліджень дозволяє зробити висновки про те, що основними джерелами акустичного забруднення територій населених місць є транспортні потоки, в першу чергу - потоки автотранспорту [7]. Основні фактори, що впливають на акустичні характеристики автотранспортних потоків, це зростання щільності автодоріг, стан їх покриття, збільшення інтенсивності та швидкості руху у денний і нічний час тощо. Акустичний вплив на довкілля від залізничного транспорту ха-

рактизується такими особливостями: збільшення щільності залізничної мережі і наближення колій до житлових будинків, збільшення швидкості руху поїздів, наявність у потоці високошвидкісних пасажирських поїздів та колійної техніки, збільшення довжини і маси вантажних поїздів.

Фахівці при дослідженні шуму транспортного походження для відображення усіх характеристик використовують широкосмугові вимірювання, що охоплюють весь чутний діапазон частот. Тому для оцінки рівня шуму застосовують А-зважування. Воно, по-суті, є величиною впливу шуму, яке відкориговане з урахуванням факторів, що враховують ступінь та особливості сприйняття шумового подразнення. Таким чином, при розрахунку рівнів транспортного шуму, прогнозуванні характеристик його джерел та особливостей поширення відповідно до стандарту ISO 1996-2:2017 «Акустика - опис, вимірювання та оцінка шуму навколишнього середовища» [14] визначають L_{Aeq} - А-ваговий еквівалент безперервного рівня звуку, що вимірюється у дБА. Загальна оцінка рівня транспортного шуму здійснюється за формулою:

$$L_T = L_{Aeq} + K_I + K_T + K_D + K_S, \quad (3)$$

де: K_I - поправка на імпульси у загальних складових шумового забруднення;

K_T - поправка тональні імпульси;

K_D - поправка на денний час доби;

K_S - поправка (позитивна чи негативна) для деяких типів джерел і типів ситуацій.

Згідно з чинним стандартом [5, 14] нормований рівень шуму $L_T(7,5)$, що створюється автотранспортом, визначається шумоміром на відстані 7,5 м від першої (ближньої) до розрахункової точки смуги транспортного потоку інтенсивністю I_p авт/год. Для наближеного визначення рівня шуму $L_T(N_x)$ на відстані N_x , м, користуються формулою Орнатського та Карагодіна [15], яка враховує фізичні закони поширення звукових хвиль у навколосемному просторі:

$$L_T(N_x) = 46 + 11,8 \cdot \lg I_p + \psi - \sum_{i=1}^4 S_i, \quad (4)$$

де: ψ - сумарна поправка, яка враховує відхилення умов вимірювання від типових, дБА;

S_1 - зниження шуму внаслідок поширення звукових хвиль в атмосфері, дБА;

S - зниження шуму під впливом придорожньої зони, дБА, що визначається як

$S_2 = K_p S_1$, причому коефіцієнт поглинання шуму K_p приймається для асфальту – 0,9, для відкритого ґрунту – 1,0, для зелених насаджень або газону – 1,2;

S_3 - зниження шуму під впливом зелених насаджень, дБА, яке при їх відсутності $S_3 = 0$;

S_4 - зниження шуму під впливом поглинального ефекту будівель, який умовно приймається 2...5 дБА.

Сумарна поправка ψ визначаються за формулою

$$\psi = \pm \psi_N + \psi_V \pm \psi_i + \psi_T, \quad (5)$$

де: ψ_N - поправка на співвідношення громадського та вантажного транспорту в транспортному потоці (збільшується на 1 дБ на кожні 10% відхилення від нормального складу), дБА, який вважається нормальним, якщо в транспортному потоці 20 % вантажних автомобілів;

ψ_V - поправка на відхилення швидкості руху, дБА, яка зростає на 1 дБА на кожні 10 % відхилення швидкості від 40 км/год;

ψ_i - поправка на поздовжній ухил автодороги, дБА, яка зростає на 1 дБА на кожні 2 % ухилу дороги;

ψ_T - поправка яка за наявності трамваю у транспортному потоку становить +3 дБА.

Якщо наявний рівень шуму транспортного потоку перевищує граничний норматив, то необхідно використовувати шумозахисні заходи.

Найпоширенішим джерелом шуму та головною причиною слухового подразнення і занепокоєння людей у всіх країнах світу є шумове забруднення від автомобільного транспорту, тому саме йому приділяється найбільша увага WHO (Всесвітня організація охорони здоров'я) та у розвинених країнах світу щодо визначення нормативів обмеження шуму (табл. 2, згідно [16]) і розробці заходів щодо його зниження від транспортних потоків.

Табл. 2 - Обмеження на рівень шуму від автомобільного транспорту у країнах світу

Країна	Денне обмеження, ДБА	Нічне обмеження, ДБА
Австралія	60	55
Австрія	50 - 55	40 - 45
Канада	50	50
Данія	55	55
Франція	60 - 65	55 - 57
Німеччина	50 - 55	40 - 45
Нідерланди	50	40
Іспанія	60	50
Швеція	55	55
Швейцарія	55	45
Великобританія	55	42
Рекомендації WHO	50 - 55	50 - 55

Розрахунки рівнів шумового забруднення від лінійної ділянки автодороги виконуються на підставі даних її технічної інвентаризації, з урахуванням таких показників:

- інтенсивність руху по ділянці автодороги на досліджуваній території I_p , од. авто./год, в різний час доби, днів тижня, місяців року;
- середня швидкість руху по ділянці автодороги, що досліджується, км / год;
- ухили автодороги і вид дорожнього покриття;
- стан дорожнього покриття;
- структура транспортного потоку на дорозі, за видами автомобільного транспорту (вантажний, легковий, мотоцикли і спеціальний транспорт).

Так, згідно з Державними санітарними нормами допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків [5], шумовими характеристиками потоків автомобільного транспорту є еквівалентні $LA_{екв}$ і максимальні $LA_{макс}$ рівні звуку в дБА, на відстані 7,5 м від осі найближчої до розрахункової точки смуги руху транспорту.

Величини $LA_{екв}$ визначають за формулою:

$$LA_{екв} = 44 + 0,26V + 10 \lg(N_3/V_3) + \Delta L_{Анокр} + \Delta L_{Аухил} \quad (6)$$

де: V - середня швидкість транспортного потоку на перегоні, км/год;

N_3 - зведена інтенсивність руху, од/год;

V_3 - зведена (відносно швидкості легких автомобілів) середня швидкість транспортного потоку на перегоні, км/год;

$\Delta L_{Анокр}$ - поправка у дБА, що враховує тип покриття проїзної частини: асфальт – 0, цементобетон +3, бруківка +5;

$\Delta L_{Аухил}$ - поправка у дБА, що враховує поздовжній ухил дороги: від 0,5 до 8 дБА.

Еквівалентний рівень шуму від залізничного транспорту дещо нижче, ніж від автотранспорту. У деяких країнах оцінка $L_{Аекв}$ розраховується шляхом віднімання з фактичного значення індексу $L_{Аекв}$ значення 5 дБА (так званий "залізничний бонус"). Взагалі шумові обмеження для нових залізничних ліній, прокладених всередині житлових кварталів, складають 60 - 70 дБА, але в порівнянні з шумом автомобільного транспорту, для одного і того ж значення $L_{Аекв}$, рівень слухового роздратування від залізниці нижче за автомобільний транспорт. Еквівалентні рівні шуму від залізничного транспорту на прилеглих територіях житлової забудови часто перевищують 65-70 дБА у нічні та денні часи, при прийнятій вітчизняній нормі 40 дБА у денний та 30 дБА у нічний час [4].

Розрахунок шуму від лінійної ділянки залізничних колій виконується з урахуванням таких показників:

- оцінка інтенсивності руху рухомого складу протягом доби;
- вид рухомого складу (пасажирський або вантажний);

- довжина складу потягу та середня швидкість його руху по дослідній ділянці колії;
- середня кількість рейкових стиків на кілометр шляху;
- відповідність стану залізничних колій технічним регламентам.

Шумовими характеристиками потоків залізничних поїздів відповідно до ДСТУ-Н В В.1.1-33:2013 є еквівалентні $LA_{екв}$ і максимальні $LA_{макс}$ рівні звуку у дБА на відстані 25 м від осі найближчої до розрахункової точки колії руху. Ці характеристики для вантажних поїздів визначають за формулами:

$$LA_{екв} = 4,1lg l + 13lg V + \Delta L_{Астик} + 39,9; \quad (7)$$

$$LA_{макс} = 79,4 + \Delta L_{Астик} + 0,233V, \quad (8)$$

де: V - середня розрахункова швидкість руху поїздів, км/год;

l - фактична (розрахункова) довжина поїздів, м;

$\Delta L_{Астик}$ - поправка в дБА, що враховує тип залізничної колії: з відкритими стиками на залізобетонних шпалах + 2; з відкритими стиками на дерев'яних шпалах 0; безстиківий на залізобетонних шпалах 0; безстиківий на дерев'яних шпалах -2.

Орієнтовні еквівалентні рівні зовнішнього звукового навантаження від залізничних об'єктів наведено у таблиці 3, яку складено на підставі діючих нормативів та результатів досліджень [5, 6]. Рішенням щодо зменшення шумового впливу на довкілля є зменшення кількості переробок вагонів на станціях у процесі перевезення вагонів шляхом формування наскрізних маршрутів поїздів, в тому числі – маршрутів змішаних перевезень вантажів.

Табл. 3 – Еквівалентні рівні звукового навантаження на довкілля від залізничних об'єктів

Об'єкти	Рівень звуку $L_{Аекв(100м)} / (L_{Аекв(7,5м)})$, дБА
Сортувальні станції:	
позакласні	75 / (97)
1-го класу	77 / (99)
Вантажні станції	65 / (87)
Відкрити вантажні термінали	75 / (97)
Локомотивні і вагонні депо	68 / (90)

Слід зауважити, що фактичний еквівалентний рівень шуму для автотранспорту досягає 70–90 дБА у довгостроковому періоді, часто – незалежно від денного або нічного періоду доби [4]. Дослідження свідчать про те, що збільшення рівня шуму на 10 дБА, а для фізіологічного сприйняття людиною це відповідає збільшенню гучності в 4 рази, зменшує працездатність робітників на виробництві та збільшує загальну захворюваність.

Вплив цього негативного фактору призводить до підвищеного навантаження на нервову, серцево-судинну системи людини. Виникають шкідливі умови праці, наслідком яких є прискорена втомлюваність працівників та зниження їх уваги, що в свою чергу підвищує вірогідність виникнення подій з небажаними наслідками (травм, аварій та ін.). Окрім негативного впливу на організм людини, акустичні процеси скорочують ресурс елементів конструкцій та механізмів.

Оцінку ризику здоров'ю населення від впливу транспортного шуму, за емпіричними даними [16] та власними дослідженнями, наведено на рисунку 4 (порушення сну), при цьому вражаються органи і системи людини при стійких рівнях шуму $L_T > 70$ дБА, імовірність (ризик) пред'явлення населенням скарг - від 0,75 од./100 осіб.

Аналіз даних наведених на рисунку 4 показує, що перехід на перевезення від автомобільного до залізничного транспорту навіть на гранично допустимому рівні шуму $L_T = 70$ дБА частка осіб зі стійким порушенням сну зменшується на 10 %, а при $L_T = 90$ дБА - вже на 24 %.

Найчастіше як заходи з захисту від зовнішнього шуму застосовують зменшення швидкості руху засобів транспорту, виконання насипу або виїмки для прокладання колії, використання електричних транспортних засобів, встановлення у житлових будинках шумозахисних вікон та шумозахисних екра-

нів вздовж колії. Ефективність останніх підтверджується результатами досліджень: при встановленні шумозахисного екрану висотою 2,5 м зниження рівня транспортного шуму на відстані 100 м від його джерела складає $\Delta L_r(100) \approx -10$ дБА, з екраном висотою 3,5 м - $\Delta L_r(100) \approx -15$ дБА, а при висоті екрану 6 м $\Delta L_r(100) \approx -22$ дБА, за інших рівних умов.

За останні роки дуже ефективно себе зарекомендували такі заходи зниження шуму від залізничного рухомого складу, як улаштування безстикової залізничної колії («оксамитовий шлях») та встановлення фальшбортів на вагони. «Оксамитовий шлях» - це ділянка залізничного шляху, змонтована з рейкових плетей зварених безстиковим способом. Ці плеті значно довше звичайної рейки в 25 м, тому стиків між ними значно менше. Такі шляхи із використанням гумових прокладок між рейками і шпалами дозволяють знизити шумове та вібраційне випроміню-

вання рухомого складу у довкілля в межах 15-20 дБА [6]. Додатково воно зменшується при введенні шліфування рейок та зелених насаджень вздовж колій. Ці заходи дозволяють також істотно знизити витрату палива та електроенергії на рух поїздів.

Фальшборти вагонів являють собою конструкцію, яка повністю закриває їх кліренс збоку і виглядає як продовження зовнішньої частини бокового огородження вагону до рейкового полотна. При цьому з внутрішньої сторони, як правило, ці огородження оброблені шумопоглинальним матеріалом (рис. 5). Поширення використання даної конструкції для вагонів контейнерних і контрейлерних поїздів, які мають відносно невелику масу та довжину, вочевидь сприятиме зменшенню шумового забруднення довкілля від цих поїздів.

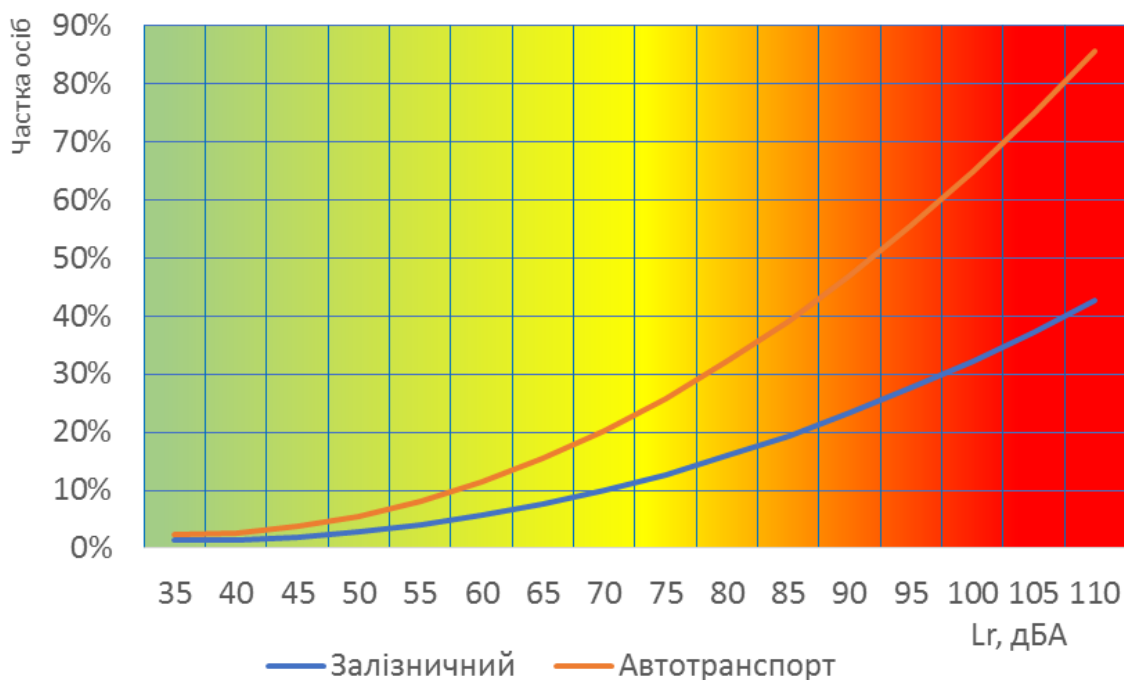


Рис. 4 – Зміни частки осіб зі стійким порушенням сну при збільшенні рівнів шуму від залізниці та автотранспорту

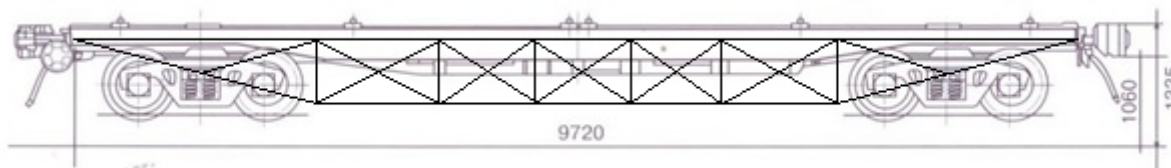


Рис. 5 – Залізнична платформа для перевезення великотоннажних контейнерів з фальшбортами із шумопоглинальним матеріалом (концепт)

Для перспективного використання можливо рекомендувати наступну схему управління ризиками під час дії транспортного шуму. Для заздалегідь заданого рівня ризику (у ймовірнісній або у вартісній формі) можливо зробити наступну експертну оцінку варіантів можливих дії спрямованих на зменшення шумового навантаження від залізничного транспорту:

- при низькому рівні ризику рекомендувати моніторинг шумового навантаження;
- при помірному рівні ризику рекомендувати використання шумозахисного екранування, зелених насаджень вздовж колій та шумопоглинаючих конструкцій в ближніх будівлях;
- при високому рівні ризику рекомендувати перегляд проектної документації на нові будівлі у зоні шумового забруднення, переселення населення на більшу відстань від джерела шуму, будівництво та реконструкцію споруд та зdanій із застосуванням спеціальних технологій, що забезпечують високий рівень їх шумозахищеності.

Висновки

Розвиток мультимодальних перевезень вантажів сприяє впровадженню «зелених» логістичних технологій, з виділенням наступних перспективних напрямків діяльності у цієї сфері:

- забезпечення проведення комплексної екологічної оцінки планів і програм розвитку транспортної галузі шляхом проектування, реконструкції та будівництва об'єктів транспортної інфраструктури з використанням альтернативних варіантів на основі концепції «зеленої» логістики, з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище, в тому числі – зі зменшенням забруднення сміттям та шумовим впливом;
- зменшення обсягу використання автомобільного транспорту завдяки переорієнтації значної частини перевезень на довгих відрізках транспортних маршрутів (вище 200 км згідно європейських вимог) на використання більш екологічно чистих видів транспорту, в першу чергу – залізничного, в умовах дотримання нормативних вимог до автомобільного та залізничного транспорту стосовно додержання екологічних обмежень;
- використання шумозахисного екранування у місцях розташування населених пунктів з кількістю населення не менш як 250 тис. осіб поблизу авто- та залізничних магістралей;

• для мінімізації впливу засобів транспорту на навколишнє середовище при виробництві нової техніки застосувати екологічно безпечні технології і матеріали, шумозахисні технічні рішення, сучасні технології утилізації та ліквідації залишків нафтопродуктів, інших відходів і сміття, дієві методи зменшення викидів у повітря сипучих вантажів, спеціальні технології очищення забруднених вод після миття автомобілів, вагонів та локомотивів;

- реалізація «зеленого» ланцюга поставок шляхом зменшення використання ресурсів та впорядкування бізнес-процесів відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 14001;
- створення доступних логістичним операторам інформаційних систем реального часу відстеження руху вантажів та засобів транспорту з метою скорочення тривалості перевезень та впровадження ідеології «зелених» закупок;
- введення автоматизованих наскрізних безпаперових бізнес-процесів.

Література

1. Стратегія акціонерного товариства «Українська залізниця» на 2019-2023 роки. — Режим доступу: <https://bit.ly/3kiKGgL>.
2. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. — Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>.
3. Терминология комбинированных перевозок / ЕЭК экономического и социального совета ООН TRANS/WP.24/2000/1 — Режим доступу: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/wp24-00-1r.pdf>.
4. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2015, IDT): ДСТУ ISO 14001:2015. — [Чинний від 2016-07-01]. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. — 29 с. — (Нац. стандарт України).
5. Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови. МОЗ України. Наказ від 22.02.2019 № 463. —

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19>.

6. Мямлін С.В. Параметрична екологія на залізничному транспорті: принципи, оцінка, контроль, безпека / С.В. Мямлін, Ю.В. Зеленько, Л.О. Недужа. – Дніпропетровськ: 2015.- 64 с.

7. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. — Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/>.

8. Palanivelu P., Dhawan M. Green Logistics. White Paper Tata Consulting Systems // TCS. – Режим доступу: https://www.academia.edu/28094615/Green_Logistics_Whitepaper.

9. Про охорону навколишнього природного середовища. Закон України від 25.06.1991 № 1264-ХІІ (із змінами станом на 01.01.2021 р.). — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.

10. Ломотько Д. В. Перспективи «зеленої» логістики при використанні контейнерних та контрейлерних перевезень в Україні / Д. В. Ломотько, О. М. Огар, Д. С. Козодой, М. Д. Ломотько // Залізничний транспорт України. - 2021. - № 1. - С. 11-21. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-138-1-11-2.

11. Про затвердження «Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства»: наказ Мінекобезпеки України від 27.10.1997, № 171 (редакція від 12.01.2021). — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98>.

12. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование / В. Вольтерра. - М.: Наука, 1976. – 287 с.

13. ISO/FDIS 14031:2021. Environmental management — Environmental performance evaluation — Guidelines. / Екологічний менеджмент. Оцінка екологічної ефективності. Керівництво. — Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/81453.html>.

14. ISO 1996-2:2017. Acoustics. - Description, measurement and assessment of environmental noise. - Part 2: Determination of sound pressure levels <https://www.iso.org/ru/standard/59766.html>.

15. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практикум: навч. посібник / Г.О. Біляв-

ський, Л.І. Бутченко. – К.: Лібра, 2006. – 368 с.

16. Aircraft and road traffic noise and children's cognition & health: exposure-effect relationships. - Stansfeld S.A., Berglund B., Clark C., Lopez Barrio I., Fischer P., Ohrstrom E., Haines M.M., Head J., Hygge S., van Kamp I. & Berry V. // The Lancet, vol. 366. Issue 9487, 2005.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ломотько Денис Вікторович,

д. т. н., професор, завідувач кафедри «Транспортні системи та логістика» Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДАЗТ). Пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. Тел.: +38 057 730 19 55; +38 099 761 00 90. E-mail: den@kart.edu.ua.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7624-2925>.

Огар Олександр Миколайович,

д. т. н., професор, завідувач кафедри «Залізничні станції та вузли» УкрДАЗТ. Пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. Тел.: +38 057 730 10 42.

E-mail: ZSV2020@kart.edu.ua.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1967-5828>.

Козодой Дмитро Сергійович,

к. т. н., доцент кафедри «Охорона праці та навколишнього середовища» УкрДАЗТ. Пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. Тел.: +38 057 730 10 56.

E-mail: Dmitry_1980@ukr.net.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3615-1815>.

Ломотько Микола Денисович,

Аспірант кафедри «Залізничні станції та вузли» УкрДАЗТ. Пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. Тел.: +38 057 730 10 42.

E-mail: ZSV2020@kart.edu.ua.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0294-2686>