

ЛОМОТЬКО М. Д., аспірант (Український державний університет залізничного транспорту)

Формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики

Розглянуто перспективи формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі застосування концепції «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях вантажів за участю залізничного транспорту. Встановлено, що мультимодальні технології порівняно з доставкою вантажу одним видом транспорту мають менший негативний вплив на довкілля та повітря.

Доведено, що впровадження «зелених» мультимодальних технологій можливе за рахунок зменшення частки автомобільних перевезень на відстань 300 км і більше. Запропоновано спрямування економії від екологічних податків на інвестиції в логістичну інфраструктуру. За наведених умов запропоновано економіко-математичну модель двохетапної транспортної задачі цілочисельного програмування оптимізації розподілу контейнеропотоків між постачальниками та споживачами з урахуванням екологічного критерію. Встановлено, що розвиток мультимодальних перевезень в Україні потребує вирішення низки внутрішніх організаційно-правових питань, насамперед здійснення гармонізації національного транспортного законодавства з нормами ЄС.

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

Вступ

Сучасні тенденції у вантажних перевезеннях під впливом воєнного стану у країні визначаються зниженням рівня та значними коливаннями обсягів навантаження, а також значними чергами в бік міждержавних переходів. Це означає, що технологія перевезень вантажів за участю залізниць має бути оновлена з використанням логістичних принципів. Будь-який вантажовласник здійснює торговельну взаємодію з усіма відкритими ринками, тому ефективна, швидка та, по можливості, дешева доставка вантажів – ключовий фактор для забезпечення стабільного прибутку перевізника. Зокрема якщо в минулому внаслідок відсутності гнучкого підходу до організації перевезення вантажів залізниця поступово втрачала обсяги перевезень та доходи від них, то зараз АТ «Укрзалізниця» є основним вітчизняним перевізником, який має забезпечити стійкість економіки країни. З іншого боку, використання в технології перевезень ресурсозбереження та екологічно сприятливих підходів сприятиме коректному прийняттю рішень щодо інтеграції вітчизняної транспортної системи до транспортної мережі країн ЄС.

Аналіз досліджень та публікацій

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., Мороз М. М., Огар О. М., Панченко С. В., Прохорченко А. В. та ін. У сфері експлуатації залізниць, зокрема мультимодальних перевезень, відомими є праці вчених Альошинського Є. С., Горбачова П. Ф., Григорак М. Ю., Запари В. М., Кирилової О. В., Козаченка Д. М., Красноштана О. М., Нагорного Є. В., Самсонкіна В. М. та ін. Аналіз цих та інших наукових джерел показує, що проблематика роботи транспортної системи з точки зору дослідження впливу екологічних факторів на показники її функціонування охоплено не повною мірою.

Мультимодальні, зокрема контейнерні та контрейлерні перевезення, багатьма авторами визначаються як перспективний спосіб доставки вантажів [0, 2]. Розвиток комбінованого та мультимодального транспорту в Україні передбачає створення єдиної системи функціонування транспортної системи, зокрема залізничного, водного та автомобільного транспорту.

За оцінками фахівців [3], на транспорт припадає 8 % усіх викидів двооксиду вуглецю на планеті. Тому впровадження «зелених» технологій у логістичній діяльності дозволить зробити певні кроки до збереження клімату на планеті, придатного для життєдіяльності людини. Напрямок «зелена» логістика з'явився на початку 90-х років минулого століття і належить до концепції сталого розвитку економіки. Синонімом терміна «зелена» логістика фахівці називають екологічну логістику [4].

Досвід країн ЄС показує [5], що джерела надходжень до національних екологічних фондів формуються за рахунок податків і платежів за забруднення довкілля для подальшого цільового використання на природоохоронні заходи. При цьому суттєвою їхньою відмінністю від українських фондів охорони навколишнього природного середовища є юридичний статус і незалежність від державного бюджету. Отже, вплив екологічних податків і зборів на особливості експлуатації транспортної мережі є суттєвим.

Метою статті є формування науково обґрунтованого підходу до створення ефективних ланцюгів постачання контейнерних вантажів при унітарно-мультимодальних перевезеннях з урахуванням впливу екологічних факторів. Це відповідає основному завданню «зеленої» логістики – створенню та розвитку технологій перевезень, що сприяють зниженню негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. Цю мету можна досягти шляхом раціональної інтеграції різних видів транспорту, зокрема залізничного, при їхній взаємодії з мінімальною участю автотранспорту.

Основна частина

Інтенсифікація мультимодальних перевезень за участю залізниць в Україні здійснюється відповідно до напрямів Стратегії акціонерного товариства «Українська залізниця» (АТ «УЗ») на 2019-2023 роки [6] та орієнтується на збільшення частки залізничного транспорту в перевезеннях. У Національній транспортній стратегії [7] передбачаються такі заходи:

- збереження автомобільних доріг;
- зменшення кількості великовагових вантажівок (контейнеровозів) на довгих маршрутах протяжністю понад 200 км;
- розвиток перевезень екологічно чистими видами транспорту.

Стратегія впровадження «зеленої» логістики є однією з основних у Білій книзі Європейської

Конференції Міністрів Транспорту (ЄКМТ) [8], відповідно до якої ЄС прагне до 2030 року перевести 30 % автомобільних вантажних перевезень з дальністю поїздки понад $L_a=300$ км на інші види транспорту (залізничний або водний) і понад 50 % до 2050 року. Можна очікувати, що це призведе до зменшення конкурентних переваг автомобільного транспорту, суттєво підвищуючи тарифи автомобільних вантажних перевезень. Аналіз показує, що більшість вантажних перевезень з дозволами ЄКМТ набагато перевищують відстань $L_a=300$ км. Перехід до екологічно менш шкідливих видів транспорту, зокрема термічної енергії, електричної тяги або двигунів на паливних елементах, використання інтелектуальних транспортних систем сприятиме досягненню основної мети [8] – кліматичної нейтральності до 2050 року. Цьому сприятимуть ефективні та «зелені» вантажні коридори на основі розвитку відповідної інфраструктури.

Об'єктом «зеленої» логістики є оптимізація специфічних витрат, пов'язаних із змінами клімату, забрудненням повітря, води і ґрунту, впливом шуму тощо. Контейнерні та контрейлерні перевезення порівняно з традиційними способами доставки на сьогодні є найбільш розповсюдженими технологіями, що сприяють розвитку «зеленої» логістики.

У спільному документі ЄК ООН, ЄКМТ і ЄС «Термінологія комбінованих перевезень» [9] зазначено, що мультимодальне перевезення – це «перевезення вантажів двома або більше видами транспорту», інтермодальне перевезення означає «перевезення вантажів двома або більше видами транспорту в одній і тій самій вантажній одиниці або автотранспортному засобі без перевантаження самого вантажу при зміні виду транспорту», комбіноване перевезення – «інтермодальне перевезення, у рамках якого більша частина рейсу припадає на залізничний, внутрішній водний або морський транспорт, і будь-який початковий і/або кінцевий відрізок шляху, на якому використовується автомобільний транспорт, є максимально коротким». Отже, головною ознакою ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики є відсутність перевантажувальних операцій на шляху прямування, тобто перевезення вантажу без його перевантаження на іншу вантажну одиницю. Структурно-логічну схему здійснення унімодального та мультимодального перевезення вантажу наведено на рис. 1.

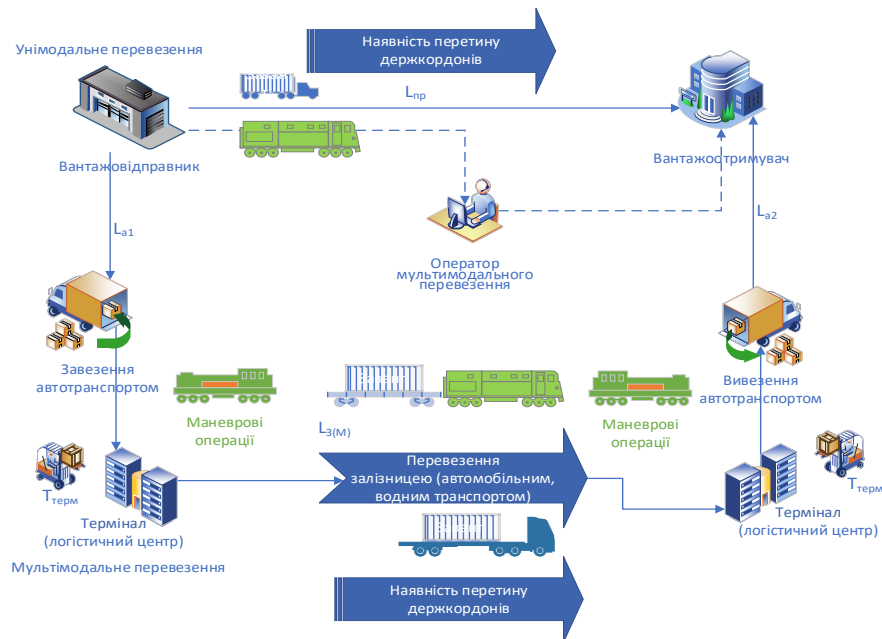


Рис. 1. Структурно-логічна схема здійснення унімодального та мультимодального перевезення вантажу

Слід зазначити, що на автомобільний транспорт припадає 72 % всіх транспортних викидів. Тому, очевидно, при поєднанні різних видів транспорту в мультимодальну схему шкода від впливу забруднюючих речовин буде мінімізована. Зокрема показники викидів CO₂ для залізничного транспорту найнижчі порівняно з автодорожнім і водним: за проведеним оцінюванням, для перевезення 1000 т вантажів залізницею потрібно в три рази менше енергії, ніж для їх перевезення автотранспортом. Приблизний рівень питомих викидів відпрацьованих газів наведено в роботах [10, 11]. Зокрема зазначається, що вантажний автомобіль з дизелем має оцінку викидів CO₂ на рівні 0,171 кг/год, а маневровий тепловоз – на рівні 6,410 кг/год.

Шляхом узагальнення даних, наведених у роботах [10-12], оцінено енергетичні витрати і шкідливі викиди в довкілля при перевезенні контейнерів різними видами транспорту:

- середні питомі витрати електроенергії електровозом 0,6040...0,6552 кВт·год/ТЕУ·км;
- середні питомі витрати електроенергії на залізничну електротягу з урахуванням втрат у системі електропостачання 0,6647...0,7208 кВт·год/ТЕУ·км;
- середні питомі викиди шкідливих речовин на залізничній електротязі CO₂ η_з = 0,0033...0,0038 г/ТЕУ·км (при змішаному режимі генерації електроенергії електростанціями мазут/вугілля);
- середні питомі викиди шкідливих речовин при виконанні маневрової роботи CO₂ η_{ман} = 320,50 г/ТЕУ·год (тепловоз ЧМЕ-3 в режимі роботи двигуна

№ = 75 % повної потужності і складі маневрового состава 10 вагонів);

- середні питомі викиди шкідливих речовин вантажного автомобіля CO₂ η_а = 13,194 г/ТЕУ·км (6-циліндровий дизельний двигун, середня швидкість руху 60 км/год, повне завантаження контейнера).

Оцінку значення екологічного критерію при унімодальному перевезенні автотранспортом можна розраховувати як вартісну величину шкоди від негативного впливу двооксиду вуглецю на атмосферне повітря [12]

$$B_a = m_{TEU} \eta_a \sum_{n=1}^K (L_{np i} c_{атм i}), \quad (1)$$

де $L_{np i}$ – відстань унімодального перевезення територією i -ї держави, км;

K – кількість ділянок перевезення територією інших держав (для внутрішнього сполучення $K=1$);

$c_{атм i}$ – ставка екологічного податку на забруднюючі викиди CO₂ територією i -ї держави, грн/т;

m_{TEU} – маса вантажу, що перевозиться в контейнері (TEU), т.

Значення екологічного критерію для мультимодального перевезення

$$B_M = m_{TEU} \left(\eta_z \sum_{n=1}^K (2L_z i c_{атм i} + t_{ман i} \eta_{ман}) + \eta_a [L_{a1} c_{атм 1} + L_{a2} c_{атм K}] \right), \quad (2)$$

де L_{3i} – відстань залізничної частини мультимодального перевезення територією i -ї держави, км;

2 – коефіцієнт, що враховує повернення рухомого складу до країни-власника;

$t_{man i}$ – середня тривалість маневрових операцій з мультимодальною одиницею, год;

L_{a1}, L_{a2} – середня відстань відповідно завезення та вивезення мультимодальної одиниці, км.

В Україні екологічний податок – загальнодержавний обов’язковий платіж, що справляється з фактичних обсягів викидів в атмосферне повітря (ст. 14.1.57 ПКУ [13]). За п. 243.4 ПКУ, ставка податку за викиди двооксиду вуглецю становить 30 грн/т.

Шляхом аналізу встановлено, що ставки вуглецевого екологічного податку суттєво розрізняються в різних країнах. Для стимулювання «зелених» технологій в Україні планується його поступово збільшувати до 5 грн/т кожний рік. У той же час ставки вуглецевого екологічного податку в розвинутих країнах коливаються від 1 дол. США/т

(Польща) до 25 євро/т у деяких країнах ЄС і 139 дол. США/т (Швеція) [14].

Формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах з урахуванням екологічного критерію запропоновано вирішити як багатоетапну транспортну задачу цілочисельного програмування. У багатоетапних транспортних задачах контейнери від постачальників спочатку надходять на проміжні пункти (розподільчі термінали, у нашому випадку – це міждержавні пункти переходу), де за потреби вони перевантажуються або певний час зберігаються. Тобто до кінцевих споживачів продукція надходить не від постачальників, а з зазначених проміжних пунктів транспортних мереж (рис. 2).

У розглянутому прикладі вважаються відомими запаси продукції в постачальників, пропускні спроможності проміжних пунктів, потреби споживачів, тарифи та екологічні критерії на перевезення контейнера (TEU), а також пропускні спроможності кожного з маршрутів. За цих умов потрібно визначити найекономічніший план перевезень продукції від постачальників до споживачів.

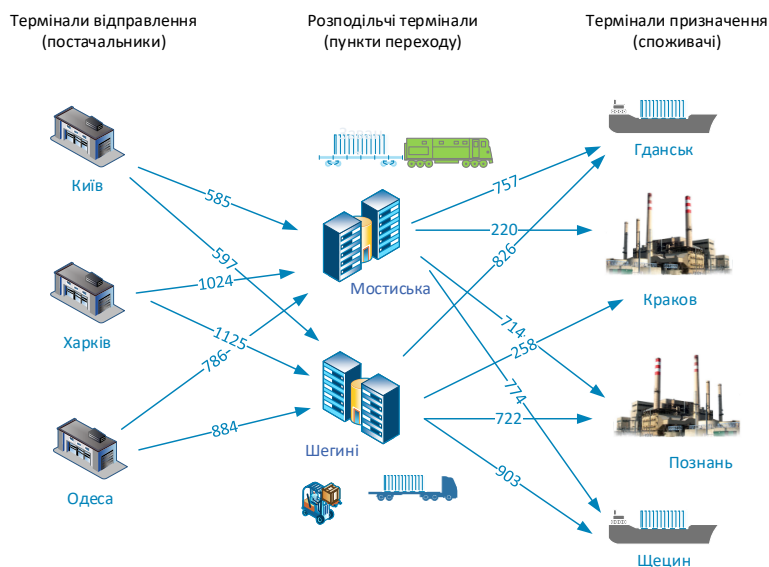


Рис. 2. Схема ланцюга постачання вантажів у контейнерах (на стрілках показано відстань, км)

Позначимо кількість постачальників через m , а обсяг наявних у кожного з них контейнерів через $a_i (i = \overline{1, m})$. Кількість споживачів позначимо через n , попит на контейнери кожного споживача – $b_j (j = \overline{1, n})$. Припускається, що перевезення продукції від постачальників до споживачів здійснюватимуться у два етапи. Спочатку продукція від постачальників

надходить на проміжні пункти, а вже з проміжних пунктів – до споживачів (рис. 2). Кількість проміжних пунктів позначимо через p , а пропускну спроможність окремого k -го проміжного пункту – $c_k (k = \overline{1, p})$.

Витрати на перевезення одиниці продукції від i -го постачальника на k -й проміжний пункт позначимо через $s_{ik} (i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p})$, а витрати на перевезення

одиниці продукції з k -го проміжного пункту до j -го споживача – $t_{kj}(k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n})$. Потрібно знайти обсяги x_{ik} перевезень продукції від постачальників на проміжні пункти ($i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p}$) та обсяги y_{kj} перевезень продукції з проміжних пунктів до

споживачів ($k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}$), щоб загальні витрати Ω на здійснення усіх перевезень були мінімальними.

За наведених умов і позначень економіко-математична модель двохетапної транспортної задачі цілочисельного програмування набуває вигляду

$\Omega = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p s_{ik} x_{ik} B_{mi} + \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n t_{kj} y_{kj} B_{mj} \rightarrow \min,$	(3)
$\sum_{k=1}^p x_{ik} \leq a_i, i = \overline{1, m},$	(4)
$\sum_{k=1}^p y_{kj} = b_j, j = \overline{1, n},$	(5)
$\sum_{i=1}^m x_{ik} = \sum_{j=1}^n y_{kj} \leq c_k, k = \overline{1, p},$	(6)
$x_{ik} \geq 0, i = \overline{1, m}, k = \overline{1, p},$ $y_{kj} \geq 0, k = \overline{1, p}, j = \overline{1, n}$	(7)
$L_{akj} \leq L_a, k = \overline{1, p}, j = \overline{1, n},$	(8)
$\sum_{j=1}^n b_j \leq \sum_{k=1}^p c_k.$	(9)

Цільова функція (3) відповідає пошуку найекономічнішого плану перевезень контейнерів. Інші умови задачі означають відповідно таке:

(4) – обсяг контейнерів, що вивозитиметься від кожного постачальника, не має перевищувати наявний у нього запас;

(5) – обсяг контейнерів, що завозитиметься кожному споживачу, має відповідати його попиту;

(6) – усі контейнери, що буде ввезено на кожний проміжний пункт від постачальників, мають бути потім надіслані до споживачів, причому слід враховувати пропускні спроможності кожного проміжного пункту;

(7) – обсяги перевезень контейнерів за кожним із маршрутів мають бути невід’ємними;

(8) – відстань перевезення контейнерів від проміжних пунктів до споживачів автотранспортом не

має перевищувати гранично допустимої, з екологічної точки зору, величини L_a ;

(9) – пропускні спроможності всіх проміжних пунктів достатні для опрацювання сукупного потоку продукції у транспортній мережі.

Тарифи на перевезення контейнерів залізничним та автомобільним транспортом взято відповідно до даних роботи [15] та апроксимовано лінійною функцією з похибкою нижче 1 % (рис. 3). Проміжні пункти – переходи прийнято відповідно мультимодальний – Мостиська, унімодальний (автотранспорт) – Шегині (рис. 2). Максимальна переробна спроможність відповідно до даних роботи [15] становить 180 ваг/доба. Вирішення двохетапної транспортної задачі цілочисельного програмування для заданих обсягів перевезення контейнерів на дослідному полігоні зведено в таблицю.

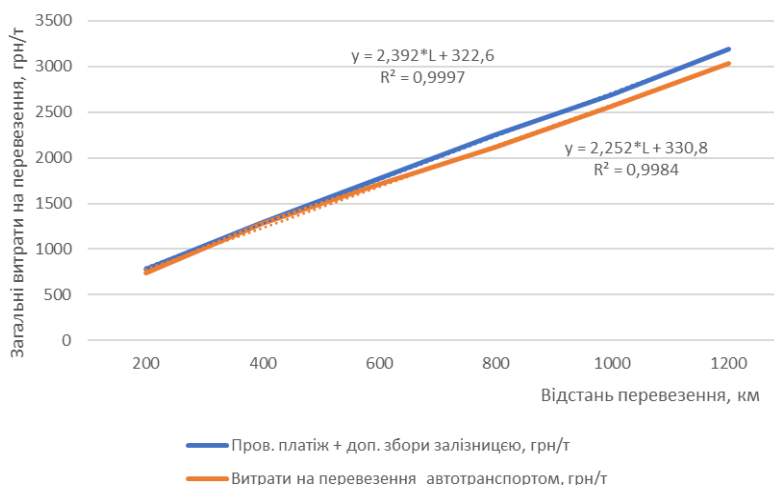


Рис. 3. Визначення рівня витрат на перевезення 1 т вантажу в контейнерах залізницею та автотранспортом

Таблиця

Вирішення двохетапної транспортної задачі цілочисельного програмування для заданих обсягів перевезення контейнерів на дослідному полігоні

Обсяг перевезень, TEU				Обсяг перевезень, TEU					
Термінал	Розподільчий пункт		Всього	Розподільчий пункт	Пункти призначення				Всього
	P-1	P-2			A-1	A-2	A-3	A-4	
C-1	50	0	50	P-1	80	0	0	40	120
C-2	0	60	60	P-2	0	20	30	10	60
C-3	70	0	70	Всього	80	20	30	50	
Всього	120	60							
Витрати на перевезення									
На першому етапі			8 261 227,61 ₴						
На другому етапі			7 213 995,80 ₴						
Загальні			15 475 223,41 ₴						
Обсяг перевезень TEU, тр. засобів									
Термінал	Розподільчий пункт		Всього	Розподільчий пункт	Пункти призначення				Всього
	P-1	P-2			A-1	A-2	A-3	A-4	
C-1	25	0	25	P-1	40	0	0	20	60
C-2	0	60	60	P-2	0	20	30	10	60
C-3	35	0	35						

Примітка. * Кольором виділено автомобільну частину перевезення контейнерного вантажу.

За даними таблиці, загальні мінімальні витрати на забезпечення доставки контейнерів склали близько 15,5 млн грн протягом дослідного місяця. Під час моделювання було проведено експеримент з визначення частки, що припадає на мультимодальний варіант доставки контейнерного вантажу залежно від рівня завантаженості пропускної спроможності розподільчих пунктів. Встановлено, що зі збільшенням пропускної спроможності автомобільних розподільчих пунктів контейнеропотік поступово переходить до

унімодального автомобільного способу перевезення. Це можна пояснити певною затримкою контейнерів під час перевантаження з вагонів колії 1520 мм до вагонів колії 1435 мм. Але при застосуванні перспективних екологічних умов та обмежень частка, що припадає на перевезення контейнерів автотранспортом, не перевищує 15 % (рис. 4), тобто виникає ефект збільшення частки мультимодального способу перевезення контейнерів.

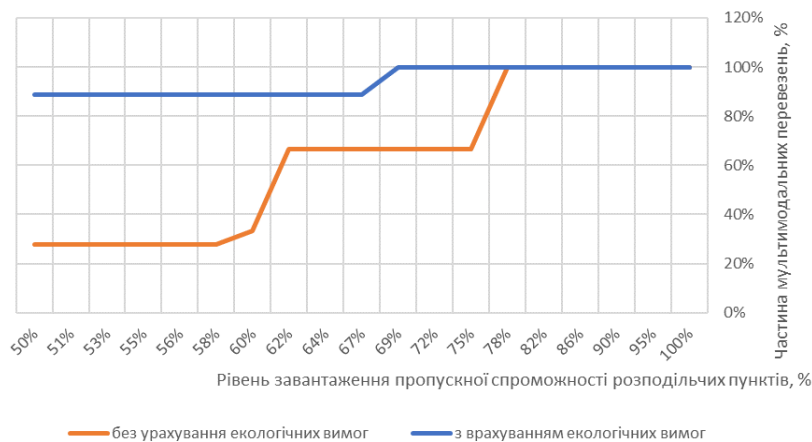


Рис. 4. Визначення частки, що припадає на мультимодальний варіант доставки контейнерного вантажу

Висновок

За прогнозом, у 2024-2050 роках загальний обсяг викидів CO₂ в секторі перевезень вантажів в Україні збільшиться в 3,9 раза. Зростання обсягу викидів CO₂ на автомобільному та залізничному транспорті до 2050 року складе відповідно 240 і 600 %. Впровадженню «зелених» логістичних технологій сприяє впровадження мультимодальних технологій перевезення вантажів. Це дає змогу виділити такі перспективні напрямки діяльності в цій сфері:

- поступове розширення в цілому по країні мережі логістичних і мультимодальних центрів, починаючи з крупних транспортних вузлів, і впровадження мультимодальних технологій сприятиме зменшенню рівня комплексного індексу забруднення атмосфери в більшості транспортних вузлів на 1..3 %;

- скорочення частки унімодальних автомобільних перевезень на відстань більше 300 км, заміщення їх мультимодальними за участю залізничного, а також водного видів транспорту дозволить покращити показники екологічності при перевезенні контейнерних вантажів, при цьому за рахунок скорочення кількості рейсів і зменшення шкідливого впливу на довкілля з боку залізниці рівень викидів забруднюючих речовин в атмосферу можна скоротити майже у 200 разів, а за викидами CO₂ – практично у 300 разів;

- впровадження спеціалізованих мультимодальних технологій можливе за рахунок застосування енергоощадливих технологій і спрямування економії від екологічних податків у вигляді інвестицій у логістичну інфраструктуру;

- мультимодальна технологія перевезень контейнерів у внутрішньому транспортному сполученні дає економію на екологічному податку в 6,1 раза, а в міжнародному – 9,8 раза порівняно з унімодальною;

- розмежування вантажного та пасажирського руху на особливо завантажених залізничних дільницях, а також сезонне застосування мультимодальних технологій доставки вантажів і пасажирів на напрямках зі складними дорожніми умовами або в умовах залізничних станцій з невеликими обсягами роботи.

Список використаних джерел

1. Дьомін Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення): монографія / Київ. ін-т залізнич. трансп. Київ : Юнікон-Прес, 2001. 341 с.
2. Ломотько Д. В., Обухова А. Л., Сеніва І. В. Аналіз перспективних напрямків використання контейнерних та контейнерних перевезень в Україні. *Залізничний транспорт України*. 2015. № 5. С. 65-71.
3. Palanivelu P., Dhawan M. Green Logistics. White

Paper Tata Consulting Systems. TCS. URL: https://www.academia.edu/28094615/Green_Logistics_Whitepaper.

4. Перспективи «зеленої» логістики при використанні контейнерних та контейнерних перевезень в Україні / Д. В. Ломотько, О. М. Огар, Д. С. Козодой, М. Д. Ломотько. *Залізничний транспорт України*. 2021. № 1. С. 11-21. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-138-1-11-22.
5. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: Досвід країн центральної та східної Європи. URL: <https://mepr.gov.ua/files/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BA.pdf>.
6. Стратегія акціонерного товариства «Українська залізниця» на 2019-2023 роки: затв. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12 червня 2019 р. № 591-р. *Урядовий портал*. 64 с. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-pogodzhennya-strategiyi-akcionernogo-tovaristva-ukrayinska-zaliznitsya-na-t120619>.
7. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>.
8. Біла книга Європейської Комісії – план розвитку єдиного європейського транспортного простору – на шляху до конкурентоспроможної та ресурсоефективної транспортної системи. Видавничий центр Європейського Союзу в Люксембурзі, 2011. 28 с. ISBN 978-92-79-18270-9 doi 10.2832/30955.
9. Терминология комбинированных перевозок / ЕЭК экономического и социального совета ООН TRANS/WP.24/2000/1. URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/wp24-00-1r.pdf>.
10. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин, А. П. Фалендыш. Луганск: Ноулидж, 2011. 174 с.
11. Коссов В. С., Редин А. Л., Оленцов А. А. Сравнительный анализ загрязнения атмосферы морским и железнодорожным транспортом при товарообмене между Восточной Азией и Европой. *Вестник ВНИКТИ*. 2017. № 100. С. 108–115.
12. Екологічні аспекти застосування «зеленої» логістики при мультимодальних вантажних перевезеннях / Д. В. Ломотько, О. М. Огар, Д. С. Козодой та ін. *Залізничний транспорт України*. 2021. № 2. С. 49-62. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62.
13. Податковий кодекс України : станом на 28.03.2021 / Верховна Рада України. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>.

14. Taxing CO2 emissions from road transport : Taxing Energy Use 2018. Retrieved April 30, 2019. URL: <https://www.compareyourcountry.org/taxing-energy&page=1&visited=1>.

15. АТ «Укрзалізниця». Офіційний сайт. URL: <https://uz.gov.ua/>.

Mykola Lomotko. Forming the supply chain of cargo in containers on basis «green» logistics.

Abstract. Prospects for the formation of a supply chain of goods in containers based on the application of the concept of «green» logistics in multimodal transportation of goods with the participation of railway transport are considered. It has been established that multimodal technologies have a lower negative impact on the environment and air compared to the delivery of goods by one mode of transport.

It has been proven that the introduction of «green» multimodal technologies is possible due to the reduction of the share of automobile transportation for a distance of 300 km or more. It is proposed to direct savings from environmental taxes to investments in logistics infrastructure. Under the given conditions, an economic-mathematical model of the two-stage transport problem of integer programming of the optimization of the

distribution of container flows between suppliers and consumers is proposed, taking into account the ecological criterion. It has been established that the development of multimodal transportation in Ukraine requires the resolution of a number of internal organizational and legal issues, primarily the harmonization of national transport legislation with EU norms.

Keywords: railway, road transport, container, «green» logistics, multimodal transportation, impact on the environment, carbon pollution of the air.

Надійшла 31.01.2023 р.

Ломотько Микола Денисович, аспірант кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: kolyan1890@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0294-2686>.

Mykola Lomotko, Postgraduate of the department Railway stations and junctions, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: kolyan1890@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0294-2686>.