

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-77-17>

УДК 502.13:656.1:338.5

СИНЕРГІЯ ВУГЛЕЦЕВО-НЕЙТРАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЛОГІСТИКИ

SYNERGY OF CARBON-NEUTRAL TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS AND INTELLECTUALISATION OF LOGISTICS

Борисяк Олена Володимирівна

доктор економічних наук,

Західноукраїнський національний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4818-8068>**Borysiak Olena**

West Ukrainian National University

На шляху розбудови кліматичної політики та посилення продовольчої безпеки особливе значення має інтеграція вуглецево-нейтральних, енергоефективних та цифрових технологій в інноваційні бізнес-процеси агросфери, організації логістики аграрної продукції. Зважаючи на це, стаття присвячена дослідженню синергії вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції та інтелектуалізації логістики. Ідентифіковано синергетичний підхід до прийняття логістичних рішень щодо забезпечення кліматичної нейтральності автомобільних перевезень аграрної продукції з використанням інтелектуальних систем. Запропоновано напрями забезпечення вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції на засадах інтелектуалізації логістики. Сформуовано еко-показники для визначення низьковуглецевої спроможності автомобільних перевезень аграрної продукції за допомогою використання інтелектуальних систем.

Ключові слова: низьковуглецева економіка, підприємства агросфери, інтелектуалізація логістики, вантажні перевезення, автомобільний транспорт, електромобілі, енергоефективність, сталий розвиток, бізнес-процеси, інноваційний розвиток, продовольча безпека, кліматично-нейтральні інвестиційні проєкти, штучний інтелект.

Achieving the global strategic goal of transitioning to climate neutrality requires the consolidation of carbon-neutral solutions in various sectors of the economy. The development of climate policy and the strengthening of food security are currently being considered in the context of Ukraine's post-war economic recovery. In this context, the integration of carbon-neutral, energy-efficient and digital technologies into the business processes of the agricultural sector and the organisation of agricultural product logistics is of particular importance. Considering this, the article is devoted to studying the synergy of carbon-neutral transportation of agricultural products and the intellectualisation of logistics. The methodological basis of the study consists of methods of system analysis, deduction, induction, comparison, and dialectical cognition. Innovative trends in freight transport in the context of the decarbonisation of transport have been summarised. Among the ways to optimise the use of vehicles for transporting agricultural products, the development of multimodal road freight transport has been highlighted, which involves the use of vehicles running on clean fuels, double-decker trucks, which increase the volume of cargo transported per trip, as well as the intellectualisation of logistics processes. Types of electric vehicles have been identified. A synergistic approach to making logistical decisions to ensure climate neutrality in the transport of agricultural products by road using intelligent systems has been identified. The levels of autonomous vehicles are considered. Directions for ensuring carbon-neutral transportation of agricultural products based on the intellectualisation of logistics are proposed. Eco-indicators have been developed to determine the low-carbon capacity of road transport of agricultural products using intelligent systems. The practical value of the article lies in creating conditions for the introduction of carbon-neutral technologies in agricultural production and strengthening the resilience of agricultural enterprises to the implementation of climate-neutral investment projects based on sustainable development principles. Prospects for further research lie in modelling carbon-neutral transportation of agricultural products using artificial intelligence.

Keywords: low-carbon economy, agricultural enterprises, intellectualisation of logistics, freight transport, road transport, electric vehicles, energy efficiency, sustainable development, business processes, innovative development, food security, climate-neutral investment projects, artificial intelligence.

Постановка проблеми. Перехід до кліматичної нейтральності є невід'ємною частиною інноваційного розвитку підприємств агросфери. Впровадження вуглецево-нейтральних технологій у виробництво аграрної продукції здійснюється крізь призму забезпечення сталого розвитку та цифровізації. Особливе значення у цьому процесі має питання щодо мінімізації вуглецевого сліду у ланцюзі формування кінцевої вартості аграрної продукції через інтеграцію у бізнес-процеси цифрових логістичних рішень щодо організації перевезень аграрної продукції.

Зокрема, інтелектуалізація логістики передбачає оптимізацію різних логістичних процесів шляхом автоматизації системи постачання, виробництва, транспортування, збереження на складах, розподілу аграрної продукції для кінцевого споживання та зворотної логістики. У цьому контексті, актуальним питанням є визначення взаємозв'язку між застосуванням інтелектуальних систем (штучного інтелекту, машинного навчання, хмарних технологій, цифрових двійників та ін.) і забезпеченням вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аспекти підвищення ефективності перевезень різними видами транспорту вантажів загалом і аграрної продукції зокрема є у колі наукових інтересів вітчизняних і зарубіжних вчених. Шраменко Н., Шраменко В. та ін. відзначають, що "формування ланцюгів поставок на основі взаємодії автомобільного та залізничного транспорту мінімізує транспортні витрати та створює умови для подальшого розвитку ланцюгів поставок і систем транспортних технологій" [1]. Кузьменко А., Жир І., Леснікова І., Халіпова Н., Шаповалов О. у [2] звертають увагу на важливість удосконалення транспортно-технологічної схеми перевезення сільгосппродукції в умовах воєнного стану. На необхідності зміцнення екологічної безпеки транспортних потоків наголошують Бакуліч О. [3], Lisandra Quintana [4], Marcos A. Coronado [4], José R. Ayala [4], Daniela G. Montes [4], Laura J. Pérez [4], Дембіцький В. [5], Taknaz Alsadat Banihashemi [6], Jiangang Fei [6], Peggy Shu-Ling Chen [6] та ін.

Важливою складовою наукових розвідок в умовах розвитку цифровізації є інтеграція інформаційно-комунікаційних технологій у логістичні процеси, проєктування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем [7], у тому числі для організації перевезення аграрної продукції. Кузь-

менко А. І. у [8] розглядає напрями використання штучного інтелекту для автоматизації та оптимізації транспортно-логістичних систем. Писарчук О. О., Конрад Т. І. пропонують "технологію автоматизованого управління транспортними потоками в мультимодальній транспортній мережі, що відрізняється формалізацією транспортної задачі в багатокритеріальній формі та вибором оптимального маршруту за інтегрованим показником ефективності графових структур" [9]. Попова Ю., Чуприна О., Демчина В. у [10] серед векторів стратегічного партнерства з міжнародними структурами у сфері логістики у розрізі повоєнного відновлення економіки України виділяють "технологічно-цифрову інтеграцію, що передбачає імплементацію інтероперабельних цифрових платформ управління потоками, впровадження автоматизованих систем багаторівневого моніторингу, розвиток телематичних засобів адаптивного логістичного контролю" [10].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проведений огляд попереднього наукового доробку свідчить про актуальність питання щодо модернізації транспортних перевезень і логістичних процесів шляхом врахування засад сталого розвитку, використання цифрових технологій, що є невід'ємною частиною повоєнного відновлення економіки України. У розрізі цього питання, особливе значення має застосування заходів щодо зменшення вуглецевого сліду при здійсненні перевезень аграрної продукції, що направлено на забезпечення продовольчої безпеки, раціонального аграрного природокористування та розвитку "зеленої" аграрної політики.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є дослідження синергії вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції та інтелектуалізації логістики. Методичну базу дослідження становлять методи системного аналізу, дедукції, індукції, порівняння, діалектичного пізнання, що дозволили виконати такі завдання: узагальнити інноваційні напрями до вантажних перевезень; ідентифікувати синергетичний підхід до прийняття логістичних рішень щодо забезпечення кліматичної нейтральності автомобільних перевезень аграрної продукції з використанням інтелектуальних систем; запропонувати напрями забезпечення вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції на засадах інтелектуалізації логістики; сформувати еко-показники для визначення

низьковуглецевої спроможності автомобільних перевезень аграрної продукції за допомогою використання інтелектуальних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Необхідність декарбонізації автомобільних вантажних перевезень обумовлює застосування інноваційних підходів до їхньої організації, що включає перехід як до чистих видів палива, електромобілів, так і контейнерні сполучення, мультимодальні та інтермодальні перевезення, інтеграцію вуглецево-нейтральних і “розумних” технологій у транспортну та логістичну інфраструктури. Водночас, враховуючи умови воєнного стану в Україні, що обмежує використання повітряного транспорту, а також необхідність забезпечення вуглецево-нейтральних перевезень серед способів оптимізації використання транспортних засобів для перевезення аграрної продукції виділяється розвиток мультимодальних автомобільних вантажних перевезень, що передбачає використання автомобілів, що працюють на чистих видах палива, двоповерхових вантажних автомобілів, що збільшує обсяг перевезення вантажу

за одну поїздку, а також інтелектуалізацію логістичних процесів. Реалізація таких інноваційних напрямів передбачає застосування синергетичного підходу до прийняття логістичних рішень щодо забезпечення кліматичної нейтральності автомобільних перевезень аграрної продукції з використанням інтелектуальних систем.

У цьому контексті, слід відзначити про зростання попиту на використання електромобілів у різних сферах діяльності. У табл. 1 представлено характеристику видів електромобілів. З огляду на це, посилюється актуальність розвитку системи моніторингу інтеграції екологічно чистих процесів у бізнес-структурах шляхом переходу до впровадження енергоефективних та низьковуглецевих інновацій у логістичні ланцюги автомобільних перевезень аграрної продукції. До того ж, на інтенсивність переходу на альтернативні види палива впливає запровадження вуглецевого мита у Європейському Союзі, введення контрактів на викиди вуглецю на різницю та включення до Системи торгівлі викидами.

Таблиця 1

Види електромобілів

Назва виду електромобіля	Характеристика
Гібридні електромобілі (Hybrid electric vehicles – HEVs)	Мають двигун внутрішнього згоряння і електродвигун, який використовують на низьких швидкостях. Акумулятор заряджається або двигуном внутрішнього згоряння, або шляхом рекуперації під час гальмування.
Гібридні електромобілі, які підключаються до мережі (Plug-in hybrid electric vehicles – PHEVs)	Живляться від електродвигуна та від невеликого двигуна внутрішнього згоряння. Використовують паралельну конфігурацію силового агрегату з електродвигуном та двигуном внутрішнього згоряння. Можуть заряджатися на звичайній зарядній станції для електромобілів, а також повільно заряджатися за допомогою домашніх або громадських зарядних пристроїв. Їхні двигуни внутрішнього згоряння можна заправляти на традиційних заправних станціях. Електромобілі мають електричний запас ходу від 20 до 60 миль.
Електромобілі з розширеним запасом ходу (Extended-range electric vehicles – EREVs)	Включають невеликий генератор з двигуном внутрішнього згоряння, який заряджає акумуляторну батарею. Для зарядження можуть використовуватись зарядні пристрої змінного струму та новіші швидкі зарядні пристрої постійного струму. Електромобілі мають електричний запас ходу від 100 до 200 миль.
Акумуляторні електромобілі (Battery electric vehicles – BEVs)	Працюють тільки від власної батареї для живлення. Вони не виробляють вихлопних газів, не мають двигуна внутрішнього згоряння та зазвичай можуть проїхати від 200 до 500 миль, перш ніж їм знадобиться підзарядка
Електромобілі на паливних елементах (Fuel cell electric vehicles – FCEVs)	Використовують лише електродвигуни. Їхня електроенергія виробляється в паливних елементах і може зберігатися в невеликій буферній батареї. Автомобілі на паливних елементах використовують водень (який стискається в баках) як паливо.

Джерело: сформовано на основі [11]

У розрізі забезпечення синергії вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції та інтелектуалізації логістики в Україні доцільно звернути увагу на політику сталого розвитку китайської логістичної компанії SF, що передбачає підготовку щорічних звітів щодо провадження заходів із декарбонізації, що включають аналіз екологічних показників продуктивності (досягнення вуглецевих цілей, функціонування зеленого індустріального парку, зелений транспорт, лісовий SF, сертифікація системи екологічного менеджменту, зелена упаковка) [12, с. 30].

Крім того, у компанії розроблено цифрову інтелектуальну платформу управління викидом вуглецю – «Платформу сталого розвитку Fenghe», яка складається з обліку вуглецю, цільових показників вуглецю, управління активами та інші частини, що охоплюють пакування, транспортування, транзит, доставку та інші процеси, із загальом понад 120 індикаторів у більш ніж 60 типових сценаріях. Платформа може розраховувати наскрізні викиди вуглекислого газу підприємствами в режимі реального часу, реалізуючи моніторинг досягнення вуглецевих цілей у реальному часі. У 2022 році Fenghe Sustainability Platform пройшла сувору оцінку сторонньої комісії, а функція інвентаризації парникових газів Платформи відповідає міжнародно прийнятим стандартам перевірки парникових газів. Чотири основні функціональні розділи «ідентифікація джерел викидів, встановлення коефіцієнтів викидів, кількісна оцінка викидів парникових газів та скорочення викидів» є повними, обґрунтованими та точними. Таким чином, він може ідеально задовольнити потреби SF у інвентаризації парникових газів. SF допомагає клієнтам зменшити викиди вуглекислого газу, застосовуючи заходи щодо скорочення викидів вуглецю під час зберігання, пакування, транспортування, доставки та інших послуг. Надаючи індивідуальні рішення для ланцюга постачання з низьким вмістом вуглецю, SF швидко розширює можливості своєї платформи до партнерів у ланцюжку промисловості, допомагаючи клієнтам досягти видимих і контрольованих ефектів вуглецевої нейтральності та прискорити низьковуглецеву трансформацію» [12, с. 30].

Функціонування сталої мережі для автомобільних вантажних перевезень на основі енергоефективності та кліматичної нейтральності вказує на необхідність інновацій у декарбонізації логістичних ланцюгів для автомобільних перевезень аграрної продукції. Ключову

роль у формуванні механізму впровадження кліматично-нейтральних технологій в аграрне природокористування має розвиток та інтеграція технологій Індустрії 5.0 в агросферу, які зорієнтовані на формування сприятливого середовища для сталого розвитку і діяльності людини. Зокрема, у розрізі концепції Індустрії 5.0 виділяють такі технології:

- «людиноцентричні рішення та технології взаємодії людини та машини, які з'єднують та поєднують сильні сторони людини та машин;
- біологічні технології та інтелектуальні матеріали, що дозволяють використовувати матеріали з вбудованими датчиками та розширеними функціями, водночас придатні для переробки;
- цифрові двійники в реальному часі та моделювання цілих систем;
- кібербезпечні технології передачі, зберігання та аналізу даних, здатні обробляти дані та забезпечувати сумісність систем;
- штучний інтелект, наприклад, для виявлення причинно-наслідкових зв'язків у складних, динамічних системах, що призводить до дієвого інтелекту;
- технології енергоефективності та надійної автономії» [13].

Щодо вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції застосування цифрових рішень передбачає врахування аспектів зміни клімату, ефективне використання енергетичних ресурсів та зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище шляхом впровадження як екологічно чистих та енергоефективних транспортних засобів, так і технологій «розумного» транспорту, що передбачає автоматизацію логістичних операцій. «Наприклад, Компанія Insight пропонує такі цифрові послуги: FleetRadar – інтерактивна платформа самообслуговування TIP для керування автопарком для клієнтів; FleetConnected – телематична система видимості та підключення в режимі реального часу; FleetAdmin – програма для реєстрації клієнтів TIP; TIP Vehicle Inspection – мобільний додаток для управління пошкодженнями» [14]. У табл. 2 представлено рівні автомобілів з автономним керуванням.

Міжгалузеве спрямування має сьогодні застосування штучного інтелекту для формулювання задач, пошуку варіантів відповідей і прогнозування можливих результатів та ін. На рис. 1. представлено напрями забезпечення вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції на засадах інтелектуа-

Таблиця 2

Рівні автомобілів з автономним керуванням

Рівень автомобіля	Характеристика
Рівень 0 (Level 0 - L0)	Не має автоматизації і всі завдання виконує водій-людина.
Рівень 1 (Level 1 - L1)	Наявні деякі автоматизовані функції, такі як круїз-контроль. Проте водій все ще повинен контролювати та керувати транспортним засобом.
Рівень 2 (Level 2 - L2)	Автомобіль має часткову автоматизацію. Транспортний засіб може допомагати з такими завданнями, як гальмування, прискорення та керування. Водій все ще повинен контролювати навколишнє середовище та бути готовим взяти керування транспортним засобом.
Рівень 3 (Level 3 - L3)	Мають умовну автоматизацію, що означає, що транспортний засіб може працювати самостійно за певних умов (наприклад, у заторах), але може попросити водія взяти на себе керування, якщо це необхідно. Ці автомобілі представляють найвищий рівень автоматизації, широко доступний сучасним споживачам.
Рівень 4 (Level 4 - L4)	Має високий рівень автоматизації. Такі транспортні засоби, включаючи безпілотні таксі, можуть працювати без потреби у водіїві і готові взяти на себе керування. Транспортні засоби рівня L4 зараз проходять випробування та розгортаються в певних середовищах.
Рівень 5 (Level 5 - L5)	Автомобіль є повністю автоматизований. Такі транспортні засоби можуть працювати в будь-якому середовищі та за будь-яких умов без водія-людини. Вони є останнім рубежем розвитку автономних транспортних засобів.

Джерело: сформовано на основі [15]

лізації логістики. Кузьменко А. виокремлює такі перспективи використання штучного інтелекту для подальшого розвитку сучасних транспортних технологій:

- “вибір з бази даних раціональних маршрутів (для застосування даної опції на першому етапі необхідно сформувати множину проєктних рішень конфігурацій автошляхів, на другому етапі – навчити штучну нейронну мережу вибирати доцільні варіанти прокладання маршрутів в залежності від заданих умов експлуатації);

- визначення раціональних місць заправки паливом; технічного огляду, розвантаження – навантаження транспортного засобу за заданим критерієм;

- наскрізний моніторинг проєктного рішення щодо завантаження елементів транспортно-логістичного ланцюга доставки вантажів особливого призначення (оцінка рівня завантаження вказаних елементів повинна базуватися на моделюванні обсягів перевезень та категорій перевезених вантажів, умов поводження з ними на шляху прямування, під час виконання навантажувально-розвантажувальних робіт та на складах тимчасового зберігання);

- візуалізація проєктного рішення у тримірному просторі;

- формування динамічної моделі функціонування логістичного підприємства” [8].

На шляху імплементації європейського досвіду з питань декарбонізації економіки (Нова стратегія ЄС щодо адаптації до зміни клімату, червень 2021 р.) в Україні прийнято Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (документ 377-IX прийнятий від 12 грудня 2019 р.) [16], який передбачає окрім моніторингу, підготовки звітності операторів щодо їхніх викидів парникових газів, також верифікацію, зміст якої полягає у перевірці звіту оператора, підготовці та видачі верифікатором (юридичною особою, акредитованою відповідно до Закону України «Про акредитацію органів з оцінки відповідності», яка проводить верифікацію) за результатами такої перевірки верифікаційного звіту. У 2024 р. прийнято Закон України “Про основні засади державної кліматичної політики”. У розрізі дослідження та обґрунтування синергії енергоефективного, низьковуглецевого та інтелектуального управління логістичними ланцюгами перевезень аграрної продукції особлива роль

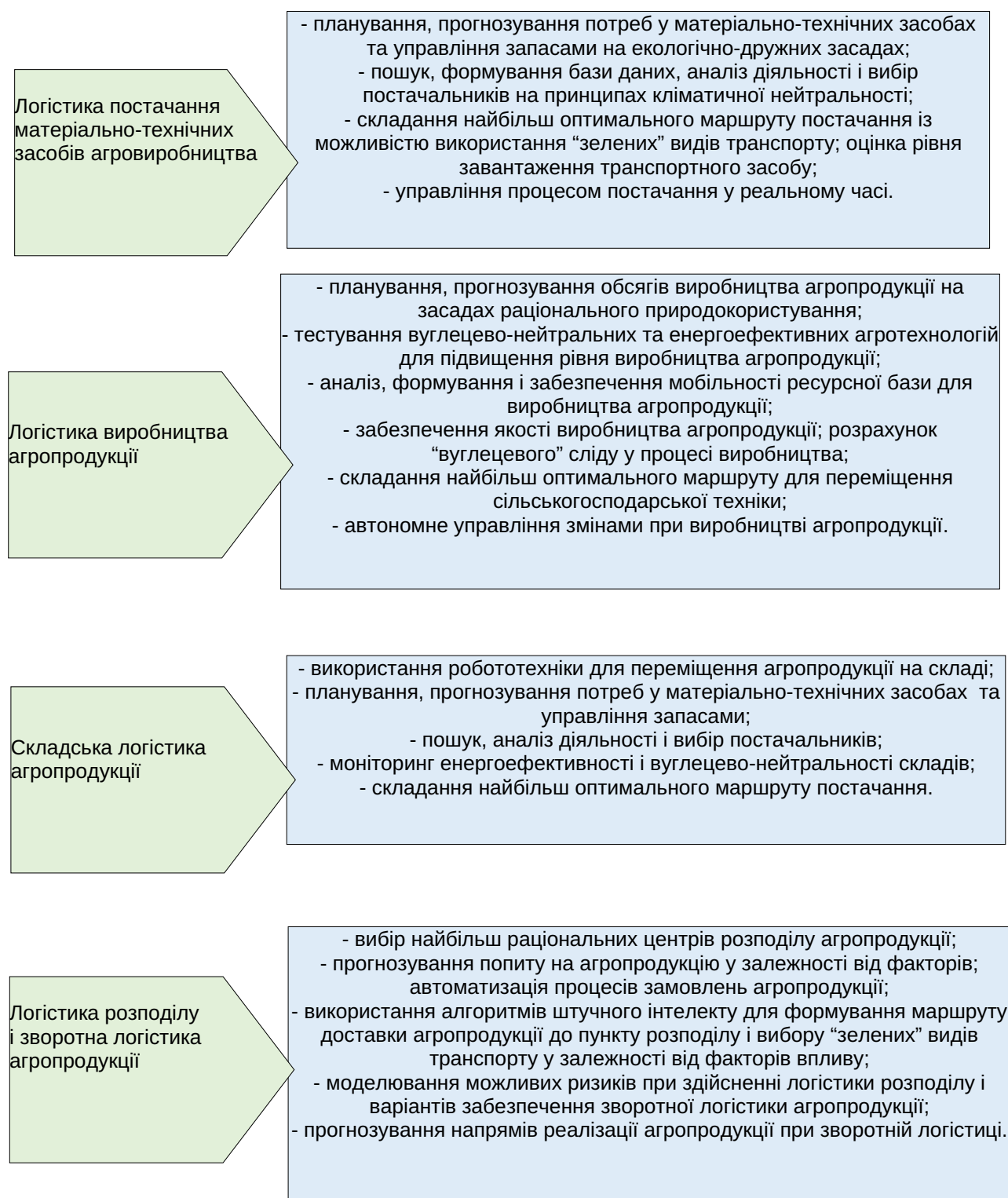


Рис. 1. Напрями забезпечення вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції на засадах інтелектуалізації логістики

Джерело: побудовано автором

належить формуванню еко-показників для визначення низьковуглецевої спроможності автомобільних перевезень аграрної продукції за допомогою використання інтелектуальних систем (табл. 3).

Висновки. Повоєнна відбудова економіки України включає модернізацію усіх сфер шляхом врахування глобальних тенденцій розвитку суспільства. Взаємозалежність між зміцненням кліматичної безпеки та продовольчої

Таблиця 3

**Еко-показники для визначення низьковуглецевої спроможності
автомобільних перевезень аграрної продукції**

№ з/п	Назва показника	Характеристика
1	Індикатор еко-ефективності (ecoefficiency indicator – EEI)	демонструє зв'язок між економічним ефектом, використанням ресурсів та екологічним впливом для оцінювання економічної політики з точки зору еко-ефективності. Не концентруючись на єдиному показнику, EEI надає простір економічним та секторним індикаторам, що показують цей зв'язок між економічною активністю та екологічною стійкістю.
2	Індекс благополуччя екосистем (Ecosystem Wellbeing Index)	Показник, який систематизує дані про екологічні умови на національному рівні, на відміну від глобальних показників (екологічний слід / Ecological Footprint, індекс екологічної стійкості / Environmental Sustainability Index). Це середнє значення показників за напрямками: земля (оцінка рівня збереження та раціонального використання природних екосистем країною), вода (оцінка рівня забезпечення та використання водних ресурсів у країні), повітря (оцінка рівня викидів вуглекислого газу у країні)
3	Екоіндикатор (EcoIndicator)	Показник оцінки екологічного впливу продукту протягом його життєвого циклу (від забезпечення ресурсами для виробництва до кінцевого споживання), який складається з таких підпоказників: виробництво сировини (наприклад, полістирол), обробка та виробництво (наприклад, лиття під тиском); транспортування продукту (наприклад, доставка), використаної енергії (наприклад, електроенергії) і витратних матеріалів (наприклад, паперу); утилізація
4	Індекс ефективності екологічної політики (Environmental Policy Performance Index)	міжнародна система рейтингу, яка вимірює ефективність екологічної політики держав.

Джерело: сформовано на основі [17]

безпеки у розрізі розвитку вуглецевих ринків може втілюватися крізь призму прийняття рішень щодо впровадження вуглецево-нейтральних та цифрових технологій у ланцюзі формування кінцевої вартості аграрної продукції. Зв'язуючу функцію у цьому ланцюзі виконують логістичні процеси.

Функціонування сталої транспортної мережі автомобільних перевезень аграрної продукції на засадах енергоефективності та кліматичної нейтральності включає необхідність у врахуванні засад інтелектуалізації логістики, а саме використанні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (штучного інтелекту, машинного навчання, хмарних технологій, цифрових двійників та ін.) для удосконалення логістичних процесів в агросфері і забезпечення вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції. Зокрема, використання інтелектуальних систем при плануванні перевезення агропродукції дозволяє враховувати аспекти зміни клімату, ощадливе використання енергетичних

ресурсів, зменшення антропогенного впливу на довкілля шляхом впровадження екологічних та енергоефективних транспортних засобів.

У розрізі дослідження та обґрунтування синергії енергоефективного, низьковуглецевого та інтелектуального управління логістичними ланцюгами перевезень аграрної продукції особлива роль належить формуванню еко-показників для визначення низьковуглецевої спроможності автомобільних перевезень аграрної продукції за допомогою використання інтелектуальних систем. Зважаючи на це, перспективи подальших досліджень полягають у моделюванні вуглецево-нейтральних перевезень аграрної продукції з використанням штучного інтелекту.

Подяка. Статтю підготовлено у межах реалізації наукового проєкту “Інформаційно-комунікаційні технології для підвищення продуктивності та залученості людського капіталу в агросфері” (державний реєстраційний номер 0125U000008).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Shramenko N., Shramenko V., Solarov O. Analysis of the freight transportation market of Ukraine. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2021. № 1. С. 30–35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2021_1_7
2. Леснікова І. Ю., Халіпова Н. В., Кузьменко А. І., Жир С. І., Шаповалов О. В. Оптимізація транспортно-технологічної схеми перевезення сільгосппродукції в особливих умовах України. *Системи та технології*. 2023. Вип. 65(1). С. 111–123. DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.14>
3. Бакуліч О. Дослідження екологічної безпеки транспортних потоків. *Науково-технічні дослідження у галузі транспорту* : колективна монографія / за заг. ред. Д. В. Ломотька. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г.М. 2022. Т. 1. С. 45–76. URL: <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/04/transport1-45-76.pdf>
4. Lisandra Quintana, Marcos A. Coronado, José R. Ayala, Daniela G. Montes, Laura J. Pérez. Waste vegetable oil collection: a comprehensive logistics system for sustainable and efficient resource recovery. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2023. Vol. 26(12). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01832-3>
5. Дембіцький В. Дослідження енергетичних показників транспортних засобів з електричним приводом. *Науково-технічні дослідження у галузі транспорту*: колективна монографія / за заг. ред. Д. В. Ломотька. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М. 2022. Т. 1. С. 77–114. URL: <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/04/transport1-77-114.pdf>
6. Taknaz Alsadat Banihashemi, Jiangang Fei, Peggy Shu-Ling Chen. Exploring the relationship between reverse logistics and sustainability performance. *Modern Supply Chain Research and Applications*. 2019. Vol. 1 Issue 1. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/mscra-03-2019-0009/full/html>
7. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Кузик О. В., Тихий А. А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем: монографія. Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2020. 428 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/e7410952-bb7d-4c1f-ae12-8f14339b88ff/content>
8. Кузьменко А. І. Перспективи використання штучного інтелекту для подальшого розвитку сучасних транспортних технологій. *Інноваційні технології, моделі управління кібербезпекою ITMK-2022* : матеріали III Міжнародної наукової конференції . Частина 2. Київ. 2022. С. 69–71. URL: http://biblio.umsf.dp.ua/jspui/bitstream/123456789/6645/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%A2%D0%BE%D0%BC_2.pdf#page=69
9. Писарчук О. О., Конрад Т. І. Технологія автоматизованого управління транспортними потоками в мультимодальній транспортній мережі. *Наукові технології*. 2020. № 4(48). С. 451–459. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.48.15128>
10. Попова Ю., Чуприна О., Демчина В. Логістика та повоєнне відновлення економіки України: напрацювання стратегій сумісно з іноземними партнерами. *Економіка та суспільство*. 2025. № 73. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-73-21>
11. What is an EREV? URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-an-erev?stcr=022BA15FA0DF43BB8069658E1BE262D8&cid=other-eml-alt-mip-mck&hlkid=2a-32d23964494368ad6718aab613fc21&hctky=15667224&hdpid=f39030b7-3abb-41c0-91ee-b2913dffe251>
12. 2022 S.F. Holding Sustainability Report. URL: https://www.sf-express.com/uploads/2022_0f4ba3b56a.pdf
13. Kravchenko M., Kopishynska K., Trofymenko O., Pyshnograiev I., Boiarynova K. A Framework for Modeling the Decarbonization of the Economy Based on Energy Innovations in the Context of Industry 5.0 and Sustainable Development: International Perspective. *Problemy Ekorozwoju*. 2025. Vol. 20(1). P. 207–220. URL: <https://ph.pollub.pl/index.php/preko/article/view/6255/4921>
14. TIP Insight Digital Services. URL: <https://www.tip-group.com/en/digital-services>
15. What is a self-driving car? URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-a-self-driving-car?stcr=A47B910548AE49419B10F1164EE547BB&cid=other-eml-alt-mip-mck&hlkid=489c-9b3cd8b34fd2a850f3383741c64c&hctky=15667224&hdpid=f39030b7-3abb-41c0-91ee-b2913dffe251>
16. Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів : Закон України від 12 грудня 2019 р. № 377-IX / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2020. № 22. Ст. 150. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/377-20#Text>
17. Борисяк О. В. Управлінський механізм розбудови кліматичної політики на енергетичному ринку : дис. ... докт. екон. наук : 08.00.04. ЗУНУ : Тернопіль, 2023. 509 с.

REFERENCES:

1. Shramenko N., Shramenko V., Solarov O. (2021) Analysis of the freight transportation market of Ukraine. *Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni ta transporti – Modern technologies in mechanical engineering and transport*, vol. 1, pp. 30–35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2021_1_7
2. Lesnikova I. Yu., Khalipova N. V., Kuzmenko A. I., Zhyr S. I., Shapovalov O. V. (2023) Optymizatsiia transportno-tekhnolohichnoi skhemy perevezennia silhospproduktii v osoblyvykh umovakh Ukrainy [Optimisation of the transport and technological scheme for the transportation of agricultural products in the specific conditions of Ukraine]. *Systemy ta tekhnologii – Systems and technologies*, vol. 65(1), pp. 111–123. DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.14>
3. Bakulich O. (2022) Doslidzhennia ekolohichnoi bezpeky transportnykh potokiv [Research on the environmental safety of transport flows]. In D. V. Lomotka (Ed.). *Naukovo-tekhniczni doslidzhennia u haluzi transportu : kolektyvna monohrafiia* [Scientific and technical research in the field of transport: collective monograph]. Ivano-Frankivsk : Vydavets Kushnir H. M., T.1., pp. 45–76. URL: <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/04/transport1-45-76.pdf> (in Ukrainian).
4. Lisandra Quintana, Marcos A. Coronado, José R. Ayala, Daniela G. Montes, Laura J. Pérez (2023) Waste vegetable oil collection: a comprehensive logistics system for sustainable and efficient resource recovery. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 26(12). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01832-3>
5. Dembitskyi V. (2022) Doslidzhennia enerhetychnykh pokaznykiv transportnykh zasobiv z elektrychnym pryvodom [Research on the energy performance of electric vehicles]. In D. V. Lomotka (Ed.). *Naukovo-tekhniczni doslidzhennia u haluzi transportu: kolektyvna monohrafiia* [Scientific and technical research in the field of transport: collective monograph]. Ivano-Frankivsk : Vydavets Kushnir H. M., T. 1. pp. 77–114. URL: <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/04/transport1-77-114.pdf> (in Ukrainian).
6. Taknaz Alsadat Banihashemi, Jiangang Fei, Peggy Shu-Ling Chen (2019) Exploring the relationship between reverse logistics and sustainability performance. *Modern Supply Chain Research and Applications*, vol. 1(1). URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/mscra-03-2019-0009/full/html>
7. Aulin V. V., Hrynkiv A. V., Holovatyi A. O., Lysenko S. V., Holub D. V., Kuzyk O. V., Tykhyi A. A. (2020) *Metodolohichni osnovy proektuvannia ta funktsionuvannia intelektualnykh transportnykh i vyrobnychych system : monohrafiia* [Methodological foundations of design and functioning of intelligent transport and production systems: monograph]. Kropyvnytskyi : Vydavets Lysenko V. F., 428 p. URL: <https://dSPACE.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/e7410952-bb7d-4c1f-ae12-8f14339b88ff/content> (in Ukrainian).
8. Kuzmenko A. I. (2022) Perspektyvy vykorystannia shtuchnoho intelektu dlia podalshoho rozvytku suchasnykh transportnykh tekhnolohii [Prospects for the use of artificial intelligence for the further development of modern transport technologies]. *Innovatsiini tekhnolohii, modeli upravlinnia kiberbezpekoiu ITMK-2022 : materialy III Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii*, P. 2, Kyiv, pp. 69–71. URL: http://biblio.umsf.dp.ua/jspui/bitstream/123456789/6645/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%A2%D0%BE%D0%BC_2.pdf#page=69 (in Ukrainian).
9. Pysarchuk O. O., Konrad T. I. (2020) Tekhnolohiia avtomatyzovanoho upravlinnia transportnymy potokamy v multymodalnii transportnii merezhi [Technology of automated traffic flow management in a multimodal transport network]. *Naukoïemni tekhnolohii – Science-intensive technologies*, № 4(48), pp. 451–459. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.48.15128>
10. Popova Yu., Chupryna O., Demchyna V. (2025) Lohistyka ta povoïenne vidnovlennia ekonomiky Ukrainy: napratsiuvannia stratehii sumisno z inozemnymy partneramy [Logistics and post-war economic recovery of Ukraine: developing strategies together with foreign partners]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*. № 73. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-73-21>
11. What is an EREV? URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-an-erev?stcr=022BA15FA0DF43BB8069658E1BE262D8&cid=other-eml-alt-mip-mck&hlkid=2a-32d23964494368ad6718aab613fc21&hctky=15667224&hdpid=f39030b7-3abb-41c0-91ee-b2913dffe251>
12. 2022 S.F. Holding Sustainability Report. URL: https://www.sf-express.com/uploads/2022_0f4ba3b56a.pdf
13. Kravchenko M., Kopishynska K., Trofymenko O., Pyshnograiev I., Boiarynova K. (2025) A Framework for Modeling the Decarbonization of the Economy Based on Energy Innovations in the Context of Industry 5.0 and Sustainable Development: International Perspective. *Problemy Ekorozwoju*, vol. 20(1), pp. 207–220. URL: <https://ph.pollub.pl/index.php/preko/article/view/6255/4921>
14. TIP Insight Digital Services. URL: <https://www.tip-group.com/en/digital-services>.
15. What is a self-driving car? URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-a-self-driving-car?stcr=A47B910548AE49419B10F1164EE547BB&cid=other-eml-alt-mip-mck&hlkid=489c-9b3cd8b34fd2a850f3383741c64c&hctky=15667224&hdpid=f39030b7-3abb-41c0-91ee-b2913dffe251>

16. Pro zasady monitorynhu, zvitnosti ta veryfikatsii vykydiv parnykovykh haziv [On the principles of monitoring, reporting and verification of greenhouse gas emissions]. Zakon Ukrainy vid 12 hrudnia 2019 r. № 377-IX / Verkhovna Rada Ukrainy. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. 2020. № 22. St. 150. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/377-20#Text>

17. Borysiak O. V. (2023) Upravlinskyi mekhanizm rozbudovy klimatychnoi polityky na enerhetychnomu rynku [Management mechanism for developing climate policy in the energy market] : dys. ... doct. ekonom. nauk : 08.00.04. WUNU : Ternopil, 509 p. (in Ukrainian).