

УДК 656.073:502.5

ПІСКОВА Ж. В.

к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту Університету імені Альфреда Нобеля, e-mail: piskova.g@duan.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6545-2452

ТРАНСФОРМАЦІЙНІ ЗМІНИ В ЛОГІСТИЦІ: ОЦІНКА ВПЛИВУ ГЕОПОЛІТИЧНИХ ТА КЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ НА СТІЙКІСТЬ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ

Мета статті полягає в комплексному аналізі ключових факторів, що впливають на стійкість сучасних ланцюгів постачання, а також розробкою концептуально-аналітичної моделі інтегрального індексу MISCSI, що дозволить визначити напрями підвищення стійкості ланцюгів постачання та їх адаптивності в умовах геополітичних, енергетичних, кліматичних та технологічних змін. **Методика.** Методологічною основою дослідження стали методи системного аналізу, інтегральний метод, моделювання, коефіцієнтний аналіз, порівняльний аналіз світових логістичних практик, метод узагальнення та інтерпретації даних міжнародних аналітичних звітів, а також аналіз наукових публікацій українських та іноземних дослідників. **Результати.** У статті ідентифіковано п'ять груп факторів, що визначають стійкість ланцюгів постачання: геополітичні конфлікти та трансформації, кліматичні та енергетичні виклики, розвиток «зеленої» логістики, наслідки пандемії та еволюція моделей постачання, а також технологічні зміни у напрямі Smart Logistics. На їх основі розроблено авторську концептуально-аналітичну модель інтегрального індексу стійкості ланцюгів постачання MISCSI з виокремленням п'яти ключових блоків стійкості: операційної, фінансової, кліматичної та екологічної, логістичної гнучкості та геополітичної адаптивності. Наведено формули розрахунків для кожної компоненти запропонованої моделі. Показано, що після початку повномасштабної війни в Україні логістичні маршрути зазнали різкої трансформації, проте галузь змогла адаптуватися через формування альтернативних шляхів експорту. Розкрито вплив кліматичних аномалій та енергетичних криз на собівартість перевезень, а також проаналізовано зростання ролі інноваційних технологій, таких як блокчейн, IoT і автоматизовані системи оптимізації маршрутів. **Наукова новизна** полягає в інтегрованому підході до трактування стійкості ланцюгів постачання як багатофакторної системи, що реагує на глобальні зміни через одночасну трансформацію логістичних моделей, інфраструктури та технологій. Розроблено модель інтегрального індексу стійкості ланцюгів постачання MISCSI, що дозволить характеризувати ланцюги постачання на основі отриманого значення MISCSI. Інтерпретація результатів розрахунку інтегрального індексу дозволить визначити стан логістичної системи як такий, що має високу вразливість до шоків, має обмежену адаптивність, стійкий до більшості ризиків чи логістична система компанії має високу адаптивність та гнучкість. Сформовано узагальнену концепцію взаємозалежності кризових факторів і адаптивних стратегій логістичних систем. **Практична значимість** дослідження полягає у формуванні концептуально-аналітичних рекомендацій, що можуть бути використані логістичними операторами, виробничими підприємствами та органами державного управління для підвищення їх готовності до кризових ситуацій, розроблення стратегій диверсифікації маршрутів, впровадження «зелених» рішень та цифрових технологій, що підвищують стійкість логістичної системи і знижують ризики глобальних порушень у ланцюгах постачання.

Ключові слова: логістичний менеджмент; стійкість ланцюгів постачання; логістичні ризики; кліматичні зміни; зелена логістика; цифровізація логістики; адаптивність логістичних систем

Постановка проблеми

У сучасних умовах глобальної нестабільності логістика постає як критичний елемент економічного розвитку та функціонування світових ринків. Близько 90 % світових товарних потоків транспортується через логістичні ланцюги, що робить їх будь-які порушення визначальними для світової економіки. Подія з контейнеровозом Ever Given у Суецькому каналі (2021 р.) стала прикладом того, як навіть короточасне блокування одного із ключових шляхів може трансформувати глобальні ланцюги постачання та призвести до значних економічних втрат [11].

В умовах війни в Україні логістична система стала особливо вразливою до геополітичних ризиків та інфраструктурних обмежень. Зміна торговельних маршрутів, формування альтернативних транспортних коридорів, зростання ролі дунайських портів та інтеграція до TEN-T визначають нову конфігурацію логістичного простору України. Водночас вплив кліматичних змін, енергетичних

ризиків і світових економічних шоків посилює необхідність комплексного аналізу стійкості ланцюгів постачань.

Отже, зростає потреба в системній оцінці трансформацій логістики та визначенні управлінських підходів для підвищення стійкості ланцюгів постачань в умовах нових глобальних викликів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання стійкості та адаптивності ланцюгів постачань активно досліджуються у світовій науковій літературі. У роботах А. Мішри, Н. Гупти та Г. К. Джа (2024) аналізується динаміка глобальних ланцюгів постачань і необхідність адаптації до викликів, що пов'язані зі стихійними лихами, геополітичними змінами та пандемічними ризиками [1].

Й. Шеффі (2020) розглядає механізми реагування підприємств на пандемію COVID-19, акцентуючи на формуванні корпоративної стійкості як системи управління кризовими ситуаціями [2].

У. Йюттнер та С. Маклан (2011) визначають стійкість ланцюга постачань як здатність системи протистояти збуренням та швидко відновлюватися, підкреслюючи значення гнучкості, надмірності, прозорості та міжорганізаційної співпраці [3].

У дослідженні Д. Іванова (2020) підкреслено необхідність переходу від моделі Just-in-Time до Just-in-Case у відповідь на пандемічні ризики та глобальні збої [4].

Геополітичні аспекти ризик-менеджменту висвітлені у працях Дж. Зсідісіна та С. Мельника (2018), які розглядають уразливість ланцюгів постачань та методи збільшення їхньої стійкості [5]. К. Крістофер (2016) підкреслює важливість стратегічної інтеграції логістики та глобальної торгівлі [6].

Окрему увагу в сучасних дослідженнях приділено кліматичним ризикам. Автори К. Доллі, М. Каур та Р. Сінгх (2023) аналізують вплив екстремальних погодних умов на діяльність транспортної логістики та зміну доступності водних шляхів [7].

В умовах війни в Україні актуалізувалося питання формування нових логістичних коридорів. Харазішвілі Ю., Квілінський А., Бугайко Д. та ін. (2023) вивчають сценарії відновлення транспортної інфраструктури та визначають перспективи повоєнного розвитку [8].

Незважаючи на велику кількість робіт, недостатньо комплексно досліджено синергетичний вплив геополітичних, кліматичних та технологічних чинників на довгострокову стратегію адаптації логістичних систем, що визначає актуальність цієї статті.

Формулювання мети статті

Метою статті є оцінка трансформаційного впливу геополітичних та кліматичних чинників на стійкість ланцюгів постачань та визначення управлінських підходів до формування адаптивної логістичної стратегії підприємств.

Основні завдання включають:

- систематизацію факторів, що впливають на стійкість логістичних систем;
- оцінку трансформацій логістики України у контексті геополітичних змін;
- аналіз кліматичних, енергетичних та технологічних чинників;
- формування пропозицій щодо стратегій адаптації логістичних систем на різних рівнях управління.

Виклад основного матеріалу дослідження

Стійкість ланцюгів постачань суттєво залежить від багатьох факторів, що впливають на них. Розглянемо сутність кожного з них.

По-перше: геополітичні конфлікти, виклики і трансформації. Війна в Україні стала величезним логістичним потрясінням світового масштабу. До 2022 року більшість українського експорту проходила через чорноморські порти. Їхня блокада призвела до втрати головної торговельної артерії. Проте логістика - це галузь, яка здатна адаптуватися надзвичайно швидко. Вже протягом перших місяців було сформовано нову конфігурацію торгових шляхів. З'явилась ініціатива ЄС - Україна «Шляхи солідарності» як комплекс сухопутних маршрутів через Польщу, Румунію, Словаччину та Угорщину, що дозволило експортувати значні обсяги українських товарів

(насамперед зерна) та імпортувати до України необхідні речі (паливо, військову та гуманітарну допомогу). Ця ініціатива надала альтернативні шляхи для торгівлі, коли традиційні морські шляхи заблоковані. У 2023 році лише цими маршрутами Україна експортувала понад 45 млн. тон продукції. Особливо важливим став дунайський кластер - порти Рені та Ізмаїл. Раніше вони сприймалися як другорядні, але за останні два роки перевалка вантажів у цих портах зросла майже у шість разів. Ці зміни показують: навіть у найжорсткіших умовах логістика формує нові можливості та знаходить альтернативи, коли старі маршрути стають недоступними.

По-друге: кліматичні зміни та енергетичні кризи. Кліматичні зміни перетворилися на економічний ризик для логістики. 2023 рік виявив цілу низку проблем. Обміління річки Дунай змусило судна зменшувати вантажопідйомність, що збільшило кількість рейсів і витрати на транспортування. На Рейні ситуація була подібною. Це безпосередньо впливає на собівартість перевезень. Паралельно світ зіштовхнувся з енергетичними кризами. Після скорочення поставок газу до Європи у 2022 році ціни на паливо зросли, що також напряму впливає на логістику. Звідси сформувався чіткий причинно-наслідковий ланцюг: зростання цін на енергію → подорожчання перевезень → збільшення цін на товари → зростання інфляції. Це означає, що енергетичні та кліматичні виклики в однаковій мірі торкаються як бізнесів, так і звичайних споживачів.

По-третє: «Зелена» логістика та інноваційні рішення. Як відповідь на весь цей комплекс загроз формується сучасний тренд - «зелена логістика» [9]. Автор Я. Сало (2023) у своєму дослідженні докладно розглянула цілі, завдання та принципи «зеленої» логістики, фактори, що сприяють формуванню концепції загальної відповідальності під час здійснення логістичних операцій та умов її реалізації [9]. Також автором визначено, що можливість досягнення кількісних та якісних цілей логістичної діяльності забезпечується за допомогою синтезу економічної, соціальної та екологічної складових, що формують контур «зеленої логістики», єдність взаємодії зазначених складових забезпечує ресурсозберігаючі технології [9]. Світові компанії активно впроваджують екологічні технології: Maersk запускає судна на біометанолі, DHL розширює парк електровантажівок. Україна також долучається до цього процесу: «Нова Пошта» тестує електровантажівки, «Укрпошта» модернізує інфраструктуру за «зеленими» стандартами. Усе це показує: екологічність перестала бути трендом - вона стала інструментом підвищення стійкості логістичних систем.

По-четверте: пандемії та порушення ланцюгів постачання. Пандемія COVID-19 оголила слабкі місця глобальної логістики. Головна причина - модель «Just-in-Time», яка виявилась надзвичайно вразливою під час кризи. У відповідь виникла альтернатива - «Just-in-Case» [4], що передбачає створення резервів для запобігання повному зупиненню діяльності. Пандемія стала каталізатором технологічної революції: роботизація складів, онлайн-відстеження логістики, безконтактна доставка. В Україні також почалася масштабна цифровізація: введено електронні документи, автоматизовано митні процедури. Гнучкість та цифрова готовність - основа стійкості [10].

По-п'яте: технологічні зміни - Smart Logistics. Сучасна логістика стала глибоко технологізованою. Концепція Smart Logistics об'єднує штучний інтелект, IoT-рішення, автоматизацію складів та цифровий контроль за ланцюгами поставок [11]. Компанія UPS завдяки системі ORION щороку економить понад 10 млн. літрів палива, просто оптимізуючи маршрути. Maersk застосовує блокчейн, що забезпечує прозорість і безпеку вантажних операцій. Технології дозволяють логістиці прогнозувати ризики та ефективніше керувати процесами.

По-шосте: економічна нестабільність. Економічні кризи та нестабільність безпосередньо впливають на логістичні витрати. Підвищення цін на паливо, інфляція, коливання валютних курсів - усе це миттєво збільшує собівартість транспортування. За даними міжнародних ресурсів, наприклад, GTS («The Geography of Transport Systems») загальні глобальні логістичні витрати приблизно становлять 10–15 % світового ВВП [13]. За оцінками Світового банку (World Bank) «у середньому логістичні витрати становлять близько 13 % ВВП», хоча в окремих країнах цей показник може коливатися [14]. Україна відчуває цей тиск навіть сильніше: через воєнні ризики зростають страхові тарифи, ремонти інфраструктури дорожчають, паливо періодично стає дефіцитним.

З метою кількісної оцінки впливу геополітичних, кліматичних та інших вищенаведених чинників на стійкість логістичних ланцюгів у статті запропоновано авторську інтегральну модель, яка поєднує операційні, фінансові, логістичні та адаптивні характеристики системи постачання.

Загальна формула авторської моделі інтегрального індексу стійкості ланцюгів постачань має вид (формула 1):

$$\text{MISCSI} = \sum_{i=1}^n K v_i \cdot S_i, \quad (1)$$

де: MISCSI - інтегральний індекс стійкості ланцюгів постачань;

S_i — нормалізоване значення i -го компоненту стійкості;

$K v_i$ — ваговий коефіцієнт значущості компоненту.

Припустимо, що модель $\sum_{i=1}^n K v_i = 1$.

Пропонується виділяти п'ять ключових блоків стійкості, що найбільш чутливі до геополітичних та кліматичних шоків:

$$\text{MISCSI} = K v_1 \cdot S_{op} + K v_2 \cdot S_{log} + K v_3 \cdot S_{fin} + K v_4 \cdot S_{geo} + K v_5 \cdot S_{clim} \quad (2)$$

де: S_{op} - операційна стійкість;

S_{log} - логістична гнучкість;

S_{fin} - фінансова стійкість;

S_{geo} - геополітична адаптивність;

S_{clim} - кліматична та екологічна стійкість.

Для розрахунку компонентів запропонованої п'яти факторної моделі наведемо авторські показники оцінки стійкості для кожної складової. Так, для розрахунку операційної стійкості можна скористатись формулою 3:

$$S_{op} = \frac{1}{3} (K_{OTIF} + K_{LT}^{-1} + K_{INV}) \quad (3)$$

де: K_{OTIF} - коефіцієнт своєчасності та повноти поставок;

K_{LT} - середня тривалість логістичного циклу;

K_{INV} - оборотність запасів.

Для розрахунку логістичної гнучкості скористаємось формулою 4:

$$S_{log} = \frac{1}{3} (K_{ALT} + K_{MOD} + K_{DIG}) \quad (4)$$

де: K_{ALT} - наявність альтернативних маршрутів та постачальників;

K_{MOD} - рівень мультимодальності;

K_{DIG} - рівень цифрової інтеграції логістики.

Для розрахунку фінансової стійкості скористаємось формулою 5:

$$S_{fin} = \frac{1}{3} (K_{LIQ} + K_{CF} + K_{MARG}) \quad (5)$$

де: K_{LIQ} - інтегральний коефіцієнт ліквідності;

K_{CF} - стабільність грошових потоків;

K_{MARG} - операційна маржинальність.

Для розрахунку геополітичної адаптивності наведено формулу 6:

$$S_{geo} = \frac{1}{3} (1 - R_{CNTRY} + K_{LOC} + K_{CONTR}) \quad (6)$$

де: R_{CNTRY} - ризик країни походження постачань;

K_{LOC} - рівень локалізації постачань;

K_{CONTR} - контрактна диверсифікація.

Для розрахунку кліматичної та екологічної стійкості скористаємось формулою 7:

$$S_{clim} = \frac{1}{3} (1 - R_{CLIM} + K_{GREEN} + K_{FEFO}) \quad (7)$$

де: R_{CLIM} - ризик кліматичних збоїв;

K_{GREEN} - екологічна ефективність логістики;

K_{FEFO} - рівень контролю життєвого циклу товарів (FEFO).

Інтерпретацію результатів розрахунку інтегрального індексу стійкості ланцюга постачань (MISCSI) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Інтерпретація індексу MISCSI

Значення MISCSI	Рівень стійкості	Характеристика ланцюга постачань
0,00–0,39	Низький	Висока вразливість до шоків
0,40–0,59	Середній	Обмежена адаптивність
0,60–0,79	Достатній	Стійкість до більшості ризиків
0,80–1,00	Високий	Висока адаптивність та гнучкість

Як видно з табл. 1, інтервал значення MISCSI в межах 0,00-0,39 - низький рівень стійкості. Даний рівень свідчить про критичну вразливість ланцюгів постачань до зовнішніх і внутрішніх шоків. Логістична система характеризується відсутністю диверсифікації маршрутів, високою залежністю від окремих транспортних коридорів або постачальників, низьким рівнем цифровізації та обмеженою координацією між учасниками ланцюга. Будь-які геополітичні конфлікти, кліматичні аномалії або економічні збої призводять до різкого порушення постачань, дефіциту ресурсів та суттєвих фінансових втрат. Такий стан є характерним для кризових або постконфліктних економік, що перебувають у фазі дестабілізації.

Інтервал 0,40-0,59 - середній рівень стійкості. Такий рівень MISCSI відображає обмежену адаптивність ланцюгів постачань. Система здатна частково реагувати на збурення, проте ці реакції мають переважно тактичний, а не стратегічний характер. Характерними є фрагментарні управлінські рішення, недостатня інтеграція інформаційних систем, обмежені резерви потужностей та ресурсів. За умов тривалих криз ризику накопичуються, що може призвести до повторних збоїв та зниження ефективності діяльності.

Інтервал 0,60-0,79 - достатній рівень стійкості. Цей рівень MISCSI свідчить про здатність ланцюгів постачань протистояти більшості ризиків та забезпечувати безперервність операцій навіть в умовах нестабільного зовнішнього середовища. Логістична система характеризується диверсифікацією маршрутів, наявністю альтернативних постачальників, розвиненою системою управління ризиками та використанням цифрових інструментів моніторингу. Саме цей рівень є типовим для економік, що перебувають у фазі адаптації до кризових умов, зокрема для України у 2023–2024 роках він може бути прийнятний.

Інтервал 0,80-1,00 - високий рівень стійкості. Високі значення MISCSI характеризують високорозвинені, адаптивні та гнучкі ланцюги постачань, здатні не лише протистояти шокам, але й використовувати кризові ситуації як джерело конкурентних переваг. Такий рівень передбачає стратегічну інтеграцію цифрових технологій, прогнозування ризиків, гнучке планування, тісну міжорганізаційну координацію та впровадження принципів «зеленої» логістики. Ланцюги постачань із високим MISCSI демонструють мінімальні втрати, швидке відновлення та стабільне зростання навіть за умов глобальної турбулентності.

Модель MISCSI можна адаптувати для умов України з урахуванням військових ризиків, блокування транспортних коридорів, руйнування інфраструктури, енергетичної нестабільності та кліматичних екстремумів. Модель інтегрального індексу стійкості ланцюгів постачань адаптуємо шляхом посилення ваги геополітичного та логістичного блоків; введення показника енергетичної автономності; урахування диверсифікації експортних маршрутів (морські, залізничні, дунайські, автомобільні) та підсилення ролі цифрових та FEFO-рішень у фреш-логістиці.

Адаптована для України формула інтегрального індексу MISCSI має вид (формула 8):

$$MISCSI_{UA} = 0,20 \cdot S_{op} + 0,25 \cdot S_{log} + 0,15 \cdot S_{fin} + 0,25 \cdot S_{geo} + 0,15 \cdot S_{clim}, \quad (8)$$

де сума ваг дорівнює 1.

Кризові умови стимулюють бізнес шукати нові рішення. Компанії оптимізують складування, переходять на довгострокові контракти, формують спільні хаби. Наприклад, Rozetka та «Нова Пошта» спільно створюють логістичні центри, що забезпечує швидші поставки та зниження витрат. Глобально Tesla створює власну мережу доставки, а Walmart автоматизує склади, скорочуючи витрати на 20%. Тому компанії мусять шукати відповіді на те, якою має бути стратегія адаптації логістичних систем у таких умовах.

Пропонуємо стратегії адаптації розглядати на різних управлінських рівнях – мікрорівні (приватний бізнес), державному та глобальному. На рівні підприємств ключовими напрямками можуть стати диверсифікація маршрутів, розвиток цифрових платформ, оптимізація ланцюгів поставок, екологічні інновації. Прикладом можуть слугувати аналітичні рішення компанії DHL - світового лідера у галузі логістики, які відстежують політичні та кліматичні ризики в режимі реального часу.

На рівні держави Україна впевнено рухається до європейської інтеграції: «транспортний безвіз», розвиток інтермодальних хабів, інвестиції у західні коридори, включення в мережу TEN-T (Транс'європейську транспортну мережу - проєкт Європейського Союзу, спрямований на створення єдиної мережі автомобільних,

залізничних, авіаційних та водних шляхів для з'єднання країн ЄС та сусідніх держав). Україна офіційно приєдналася до цієї мережі у 2017 році.

На глобальному рівні формуються нові торгові маршрути: «Середній шлях», транспортний коридор Індія – Близький Схід – Європа (ІМЕС). Україна має шанс стати ключовим транспортним вузлом між Сходом і Заходом.

Підсумовуючи наведене вище, можна стверджувати, що логістика є не просто галуззю економіки, а індикатором стану світу. Стійкість ланцюгів постачань формується під впливом декількох факторів: геополітичних, кліматичних, енергетичних, технологічних та соціально-економічних, які вимагають від бізнесу високої адаптивності та готовності до трансформацій. Для забезпечення стабільності логістичних систем компанії мають впроваджувати інновації, «зелені» технології, цифрові рішення та нові моделі управління ризиками, що дозволяє ефективно реагувати на глобальні виклики.

Висновки

Проведений аналіз підтвердив, що логістика є важливим індикатором стану світової економіки та здатності бізнесу адаптуватися до зовнішніх викликів. Геополітичні події, кліматичні зміни, енергетичні та економічні ризики формують нову реальність для ланцюгів постачань, вимагаючи комплексних трансформацій.

Розроблено концептуально-аналітичну модель інтегрального індексу стійкості ланцюгів постачань MISCSCI, що дозволить визначити напрями їх підвищення та адаптивності в умовах геополітичних, енергетичних, кліматичних та технологічних змін. Запропонована модель інтегрального індексу MISCSCI включає п'ять ключових блоків стійкості: операційної, фінансової, кліматичної та екологічної, логістичної гнучкості та геополітичної адаптивності.

Війна в Україні стала своєрідним каталізатором в геополітиці та спричинила радикальну трансформацію логістичної інфраструктури, вимагаючи негайного створення «Шляхів солідарності». Це призвело до виникнення нових критичних вузлів, таких як Дунайський кластер та зростання разів перевалки вантажів, що підкреслило необхідність диверсифікації маршрутів.

Запропоновано адаптовану модель інтегрального індексу MISCSCI для України з урахуванням таких критичних факторів, як-от військові ризики, блокування транспортних коридорів, руйнування інфраструктури, енергетичної нестабільності та кліматичних екстремумів.

Україна сьогодні активно формує нову логістичну реальність: створює альтернативні маршрути, модернізує інфраструктуру, впроваджує «зелені» та цифрові інновації. Українські компанії стоять на етапі, коли виклики можуть стати точками зростання. Обміління основних водних артерій як кліматичний фактор стало прямим операційним, економічним ризиком, що збільшує транспортні витрати та час доставки. Це стимулює розвиток «зеленої логістики» та інвестиції в «зелені хаби».

Кризові явища (пандемія, війна) виявили вразливість логістичної стратегії Just-in-Time, що зовсім не передбачала створення запасів. З урахуванням постійних криз управлінський фокус зміщується на адаптивну логістику та створення певних резервів (Just-in-Case) для забезпечення стійкості ланцюгів постачань. Логістика майбутнього - це не просто транспортування товарів, а забезпечення стійкості, енергії та розвитку. І саме Україна здатна продемонструвати, як адаптація й інновації перетворюють кризу на можливість.

Отримані результати підтверджують, що зміни в ланцюгах постачань є неминучими і компаніям заздалегідь потрібно до них готуватися. Подальший аналіз має бути спрямований на кількісну оцінку економічного ефекту від інтеграції України у 2024 році в мережу TEN-T (Транс'європейської транспортної мережі), що є стратегічним кроком для інтеграції в європейський простір та адаптації до європейських стандартів; та розробку AI-моделей прогнозування ризиків, пов'язаних із кліматичними та геополітичними загрозами.

PISKOVA Zhanna

PhD in Economics, Associate Professor Alfred Nobel University 49000, 18 Sicheslavskya Naberezhna Str., Dnipro, Ukraine, e-mail: piskova.g@duan.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6545-2452

TRANSFORMATIONAL CHANGES IN LOGISTICS: EVALUATING THE IMPACT OF GEOPOLITICAL AND CLIMATE FACTORS ON SUPPLY CHAIN RESILIENCE

Objective. The purpose of the article is to conduct a comprehensive analysis of key factors affecting the sustainability of modern supply chains, as well as to develop a conceptual and analytical model of the MISCSI integrated index, which will allow identifying areas for improving the sustainability and adaptability of supply chains in the context of geopolitical, energy, climate, and technological changes. **Methodology.** The methodological basis of the study was formed by methods of system analysis, integral method, modeling, coefficient analysis, comparative analysis of global logistics practices, the method of generalization and interpretation of data from international analytical reports, as well as analysis of scientific publications by Ukrainian and foreign researchers. **Results.** The article identifies five groups of factors that determine the resilience of supply chains: geopolitical conflicts and transformations, climate and energy challenges, the development of 'green' logistics, the consequences of pandemics and the evolution of supply models, as well as technological changes in the direction of Smart Logistics. Based on these, the author has developed a conceptual and analytical model of the MISCSI integrated supply chain sustainability index, identifying five key sustainability blocks: operational, financial, climate and environmental, logistical flexibility, and geopolitical adaptability. Calculation formulas for each component of the proposed model are provided. It is shown that after the start of full-scale war in Ukraine, logistics routes underwent a sharp transformation, but the industry was able to adapt by forming alternative export routes. The impact of climate anomalies and energy crises on transportation costs is revealed, and the growing role of innovative technologies such as blockchain, IoT, and automated route optimization systems is analyzed. **The scientific novelty** lies in an integrated approach to interpreting the sustainability of supply chains as a multifactorial system that responds to global changes through the simultaneous transformation of logistics models, infrastructure, and technologies. A model of the MISCSI integrated supply chain resilience index has been developed, which will allow supply chains to be characterized based on the MISCSI value obtained. Interpretation of the results of the integral index calculation will allow determining the state of the logistics system as highly vulnerable to shocks, having limited adaptability, resistant to most risks, or the company's logistics system having high adaptability and flexibility. A generalized concept of the interdependence of crisis factors and adaptive strategies of logistics systems has been formed. **The practical significance** of the study lies in the formation of conceptual and analytical recommendations that can be used by logistics operators, manufacturing enterprises, and government agencies to improve their preparedness for crisis situations, develop route diversification strategies, implementing green solutions and digital technologies that increase the resilience of the logistics system and reduce the risks of global disruptions in supply chains.

Keywords: logistics management; supply chain resilience; logistics risks; climate change; green logistics; digitalisation of logistics; adaptability of logistics systems

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arjita Mishral, Nidhi Gupta, Gautam Kumar Jha (2024). Supply Chain Resilience: Adapting To Global Disruptions and Uncertainty // International Journal of Innovative Research in Engineering Volume 5, Issue 2 (March-April 2024), PP: 189-196. <https://www.doi.org/10.59256/ijire.20240502025> www.theijire.com
2. Sheffi, Y. (2020). A Resilient Supply Chain: The Key to Surviving and Thriving in the Post-COVID-19 World. The MIT Press.
3. Jüttner, U., Maklan, S. (2011). Supply chain resilience: developing the conceptual framework and a research agenda. The International Journal of Logistics Management, 22(3), 356–374.
4. Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of the COVID-19 pandemic on the global supply chain. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 139, 101969.
5. Zsidisin, G. A., Melnyk, S. A. (2018). Supply Chain Risk Management: A Handbook of Assessment, Management, and Control. Routledge.
6. Christopher, M. (2016). Logistics & Supply Chain Management. Pearson Education.
7. Koli, D., Kaur, M., & Singh, R. (2023). Climate change impacts on supply chain operations: A systematic review. International Journal of Supply Chain Management, 12(1), 87-104.

8. Харазішвілі, Ю.; Квілінський, А.; Бугайко, Д.; Григорак, М.; Бугоріна, В.; Яцишина, І. (2022) Стратегічні сценарії післявоєнного відновлення сталого розвитку авіаційного транспорту: випадок України. *Віртуальна економіка*. 2022, 5, 7–30.
9. Сало, Я. (2023). «Зелена» логістика в Україні: проблеми та перспективи. *Економіка та суспільство*, (47). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-58>
10. Крикавський, С. В., Похильченко, О. П. (2021). Діджиталізація логістики як елемент стійкого розвитку. *Логістика: теорія та практика*, 11(2), 5–15.
11. Wanke, P., M. et al. (2024). Smart logistics, digitalization, and emerging technologies: future directions for sustainable supply chains. *International Journal of Logistics Management*, 35(1), 1–25.
12. Офіційний сайт International Chamber of Shipping "Suez Canal blockage demonstrates just how much global supply chains rely on shipping, says International Chamber of Shipping" // <https://www.ics-shipping.org/press-release/suez-canal-ever-given-statement/>
13. Офіційний сайт The Geography of Transport Systems «Global Logistics Costs by Function and Mode» (2018) // https://transportgeography.org/contents/chapter7/logistics-freight-distribution/global-logistics-costs-function/?utm_source=chatgpt.com
14. Офіційний сайт World Bank Group «Performance and Prospects of Global Logistics: Keynote speech at the CaiNiao Global Smart Logistics Conference» (2017) // https://www.worldbank.org/en/news/speech/2017/05/22/performance-and-prospects-of-global-logistics?utm_source=chatgpt.com

REFERENCES

1. Mishral, A., Gupta, N., & Jha, G. K. (2024). Supply chain resilience: Adapting to global disruptions and uncertainty. *International Journal of Innovative Research in Engineering*, 5(2), 189–196. URL: <https://doi.org/10.59256/ijire.20240502025>
2. Sheffi, Y. (2020). *A resilient supply chain: The key to surviving and thriving in the post-COVID-19 world*. MIT Press.
3. Jüttner, U., & Maklan, S. (2011). Supply chain resilience: Developing the conceptual framework and a research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 22(3), 356–374. URL: <https://doi.org/10.1108/09574091111181390>
4. Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of the COVID-19 pandemic on the global supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 139, 101969. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101969>
5. Zsidisin, G. A., & Melnyk, S. A. (2018). *Supply chain risk management: A handbook of assessment, management, and control*. Routledge.
6. Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management (5th ed.)*. Pearson Education.
7. Koli, D., Kaur, M., & Singh, R. (2023). Climate change impacts on supply chain operations: A systematic review. *International Journal of Supply Chain Management*, 12(1), 87–104.
8. Kharazishvili, Yu. M., Kvilinskyi, A. S., Buhaiiko, D. O., Hryhorak, M. Yu., Butorina, V. B., & Yashchyshyna, I. V. (2022). Stratehichni stsenarii pislivoiennoho vidnovlennia staloho rozvytku aviatsiinoho transportu: vypadok Ukrainy [Strategic scenarios for post-war recovery of sustainable development of air transport: The case of Ukraine]. *Virtualna ekonomika*, 5(1), 7–30. URL: <https://doi.org/10.32782/virtual-economy-2022-5-1>
9. Salo, Ya. (2023). Zelena lohistyka v Ukraini: problemy ta perspektyvy [Green logistics in Ukraine: Problems and prospects]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (47). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-58>
10. Krykavskiy, Ye. V., & Pokhylchenko, O. P. (2021). Didzhytalizatsiia lohistyky yak element stiikoho rozvytku [Digitalization of logistics as an element of sustainable development]. *Lohistyka: teoriia ta praktyka*, 11(2), 5–15.
11. Wanke, P., Malta, L., & Chen, Z. (2024). Smart logistics, digitalization, and emerging technologies: Future directions for sustainable supply chains. *The International Journal of Logistics Management*, 35(1), 1–25. URL: <https://doi.org/10.1108/IJLM-2023-0123>
12. International Chamber of Shipping. (2021). Suez Canal blockage demonstrates just how much global supply chains rely on shipping. URL: <https://www.ics-shipping.org/press-release/suez-canal-ever-given-statement/>
13. Rodrigue, J.-P. (2018). Global logistics costs by function and mode. The Geography of Transport Systems. URL: <https://transportgeography.org/contents/chapter7/logistics-freight-distribution/global-logistics-costs-function/>
14. World Bank Group. (2017). Performance and prospects of global logistics: Keynote speech at the Cainiao Global Smart Logistics Conference. <https://www.worldbank.org/en/news/speech/2017/05/22/performance-and-prospects-of-global-logistics>

Стаття надійшла до редакції: 01.12.2025 Received: 12.01.2025