DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-46

УДК 620.9:658.5

# ОЦІНКА РИЗИКІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ДЕФІЦИТУ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ОПЕРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ

# ASSESSING THE RISKS OF ENERGY SHORTAGES AND THEIR IMPACT ON OPERATIONAL MANAGEMENT

**Сохань Інна Віталіївна**
доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту імені професора Л.І. Михайлової,
Сумський національний аграрний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8038-8484

**Поповський Віталій Геннадійович**
аспірант,
Сумський національний аграрний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7197-7121

**Sokhan Inna, Popovsky Vitaliy**
Sumy National Agrarian University

У статті розглянуто категорію ризиків енергодефіциту з точки зору операційного менеджменту. Цей сектор охоплює багато питань, пов'язаних із причиною дефіциту енергії, як-от збої в ланцюзі поставок, нестабільність цін і геополітична напруженість. Щоби підтримувати ефективність роботи в умовах стрімкого розвитку електроенергетики, менеджери підприємств повинні розуміти всю складність ризиків дефіциту енергії. Показано, як ці ризики можуть суттєво вплинути на виробничі процеси, призвести до збільшення операційних витрат і, відповідно, погіршити результативність бізнесу. Метою статті є аналіз способів і стратегій збереження енергетичної безпеки підприємств та організацій в умовах дефіциту енергоресурсів. Дослідження має значення для ширшого обговорення управління енергетичними операційними ризиками й актуальності стратегічного енергетичного планування в умовах кризи.

**Ключові слова:** енергетична безпека, кризове планування, управлінські рішення, енергетичні ризики, дефіцит ресурсів, енергоефективність.

The article looks into the essence of energy deficit risks that belong to an objective category of risks and their operational management consequences on the one hand and in the business environment on the other. With continually increasing energy demands coupled with variable supply conditions, organizations in multiple sectors are now facing a greater responsibility for better understanding the makeup of energy deficit risk. Price volatility, supply chain disruptions, geopolitical uncertainties or any other issue that can manifest in the operational challenges is covered in this category. This study defines energy deficit risks and contextualizes it within the larger framework of operational risk management. How the risks emerge from both external factors (like market dynamics and political instability), and internal factors (poor energy use and poor contingency planning) is highlighted by it. This article aims to give a comprehensive overview of the sources and manifestations of energy deficit risks with the intention to enable managers to be able to deal with the energy management complexities. Additionally, the article elaborates on the direct effects of energy deficits on operational efficiency. Energy shortages create disruptions in the production schedule of businesses, increase operating costs, and thwart achievement of consumer demand. Not only does these challenges affect the organisation's performance, but this also refers to sustainability and competitiveness in the market. The article also outlines different strategies that a company can take to lower energy deficit risks alongside the challenges. The strategies in question include diversifying sources of energy, making investments in energy efficient technologies, and carrying out investment in demand side management. An organization can build resilience to energy supply fluctuations and the impacts of energy deficits by introducing a proactive approach for energy management. Overall, this article adds to the existing body of knowledge of operational risk management by discussing energy deficit risks in detail and highlighting their implications to business. This presents a need for in-depth research in this important area and provides support for consideration of energy management in operational strategies. Through this, the article aims to assist practitioners in finding effective energy management frameworks that also safeguard their operations while helping lead to a cleaner and more efficient energy future.

**Keywords:** energy security, crisis planning, management decisions, energy risks, resource scarcity, energy efficiency.



© Сохань І. В., Поповський В. Г., 2024

**Постановка проблеми.** Дефіцит енергії є однією з найважливіших проблем, з якою стикається промисловість у всьому світі світі [1]. Управління енергопостачанням стало критичним питанням з огляду на щораз вищий попит на енергію та в умовах нестабільності пропозиції через геополітичну напруженість, виснаження ресурсів та екологічні виклики. Ця проблема стосується не лише забезпечення стабільності функціонування бізнесу, це також питання для забезпечення сталого економічного зростання держави та обмеження негативного впливу на навколишнє середовище [2].

З погляду науковців, подолання ризиків дефіциту енергії передбачає розроблення рішень для виробництва, зберігання та підвищення ефективності енергії. Завдяки впровадженню інновацій у сферу розвитку відновлюваних джерел енергії та енергоефективні системи енергетичні інтелектуальні мережі зводять до мінімуму залежність від традиційних джерел енергії, зменшують викиди вуглецю і підвищують енергетичну безпеку.

На практичному рівні підприємствам багатьох типів необхідно скорегувати свої операційні стратегії бізнесу, щоб усунути ризики нестачі енергії [3]. Для забезпечення безперебійної роботи керівництво компаній повинно інтегрувати енергоефективні технології, диверсифікувати джерела енергії та заздалегідь планувати дії на випадок непередбачених ситуацій. Більше того, і політики повинні запровадити механізми, які можуть стимулювати використання сталої енергії, заохочувати інновації в енергетиці та усунути геополітичні ризики, які загрожують глобальним ланцюгам постачання енергії.

Нарешті, розв'язання проблеми енергетичного дефіциту безпосередньо пов'язане з науковими досягненнями та їх практичною реалізацією. Цю багатогранну проблему можна розв'язати лише завдяки синергії між технологічними інноваціями та стратегічним операційним менеджментом, спрямованим на сприяння як енергетичній безпеці, так і сталому розвитку підприємств у довгостроковій перспективі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У наукових працях і вітчизняних, і зарубіжних фахівців основну увагу приділено дослідженню ризиків дефіциту енергії та їх наслідків для операційного менеджменту. Losada-Agudelo M., та Souyris S. надають вичерпний огляд управління операціями в енергетичному секторі, наголошуючи на інтеграції сталого розвитку в операційні стратегії для підвищення стійкості підприємств до енергетичних викликів [1]. Li B. досліджує питання збереження природних ресурсів та екоефективності, підкреслюючи, що цифрова трансформація може сприяти ефективному управлінню енергією і пом'якшити ризики дефіциту енергії [2].

Generalov O. аналізує логістичні канали для виробників енергетичних продуктів, указуючи, що оптимізація логістики може допомогти організаціям ефективно реагувати на збої в енергопостачанні, таким чином зменшуючи вплив дефіциту енергії на операції [3]. Prokopenko O., Chechel A., Koldovskiy A., Kldiashvili M. обговорюють інноваційні моделі «зеленого» підприємництва, демонструючи, як стійкі практики можуть покращити операційне управління, одночасно розв'язуючи енергетичні проблеми, особливо в межах місцевої економіки [4]. Sanko H., Koldovskyi A. підкреслюють зміни в моделях споживання в Україні, наголошуючи на зростанні попиту на енергію через поведінку споживачів, що має вирішальне значення для операційних менеджерів, які розробляють стратегії боротьби з дефіцитом енергетичних ресурсів [5].

Ghazanfari A. представляє макрорівневий аналіз циркулярної економіки на енергетичних ринках, ілюструючи, як принципи циркулярності можуть підвищити ефективність використання ресурсів і зменшити марнотратну енергію [6]. Giri B. K., Roy S. K. представляють гнучке програмування для оптимізації ланцюгів постачання відновлюваної енергії, демонструючи передові методології, які підвищують стійкість до ризиків енергопостачання [7]. Le Luu Q. та ін. надають оцінку життєвому циклу в енергетичному секторі, виступаючи за комплексне оцінювання довгострокових стратегій управління енергетичними ресурсами [8].

Pender K., Romoli F., Fuller J. розглядають питання декарбонізації перероблення вітряних лопатей, підкреслюючи стале управління матеріалами як критичний фактор у розв'язанні проблеми дефіциту енергії [9].

Нарешті, Yudha S. W., Tjahjono B., Longhurst P. досліджують перехід від викопного палива до геотермальної енергії, демонструючи, як відновлювані джерела можуть зменшити залежність від традиційних енергоресурсів і зменшити енергетичні ризики [10].

Разом ці дослідження підкреслюють складність ризиків, що виникають через дефіцит енергії, та необхідність для організацій

застосовувати інноваційні й стійкі практики для подолання викликів, пов'язаних із коливаннями пропозиції та попиту на енергію.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Основною метою статті є комплексний аналіз ризиків енергодефіциту та їх вплив на операційне управління. Підприємства натепер стикаються зі значною нестабільністю цін, дефіцитом пропозиції та геополітичними факторами, що стало результатом швидких змін у сучасному глобальному енергетичному ландшафті. Такі ризики мають серйозні наслідки щодо операційної ефективності та загальної стійкості бізнесу, тому їх необхідно досліджувати для пошуку шляхів мінімізації їх негативного впливу.

У дослідженні узагальнено дані про дефіцит енергії з 2019 по 2023 роки, і розглянуто, як ці тенденції впливають на різні галузі. Досліджено найкращі практики, які використовують компанії для уникнення енергетичних ризиків шляхом диверсифікації джерел енергії, підвищення енергоефективності та впровадження управління попитом.

Крім того, статтю спрямовано на виявлення стійких підходів до зменшення енергодефіциту, зокрема за допомогою інтеграції відновлюваної енергії та впровадження сучасних технологій. Крім аналізу переваг та недоліків цих підходів, надано рекомендації щодо того, як компанії можуть створювати більш стійкі системи енергетичного управління, зменшуючи залежність від традиційних, легкозаймистих джерел енергії.

Також у статті поставлено завдання запропонувати дієві рекомендації, яких керівники підприємств можуть дотримуватися для ефективного управління енергетичними ризиками та, як наслідок, покращення свого майбутнього операційного статусу в умовах енергетичних труднощів, що зростають.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З 2019 по 2023 роки з'явилася низка ризиків енергетичного дефіциту, які різко вплинули на світові енергетичні ринки та промисловість. Від цих ризиків (нестабільність цін, дефіцит поставок і геополітична напруженість) постраждали як провідні країни, так і країни, що розвиваються, що призвело до значних збоїв у роботі багатьох підприємств.

Однією з головних проблем на енергетичному світовому ринку є нестабільність цін через коливання вартості нафти, невизначені зміни попиту та постійний перехід на відновлювані джерела енергії [10]. У 2020 році цю нестабільність посилила пандемія COVID-19, у результаті якої глобальні карантинні обмеження призвели до швидкого падіння споживання енергії та, як наслідок, до найнижчої ціни на нафту в історії. Але коли економіки почали відновлюватися у 2021 році, попит на енергію та ціни на неї швидко зросли [11]. Наприклад, ціна на нафту Brent підвищилася з 20 доларів США за барель у квітні 2020 року до значно вище 80 доларів США за барель до кінця 2021 року. Але ця волатильність була особливо сильною для галузей промисловості, що працюють на викопному паливі, починаючи від виробництва й закінчуючи транспортом. У Delta Air Lines, Lufthansa та інших авіакомпаніях зростання вартості палива призвело до значного збільшення витрат, і авіакомпаніям довелося хеджувати ціну на паливо, щоб впоратися з фінансовим шоком від нестабільних цін на енергоносії.

Іншим критичним ризиком є дефіцит поставок, головним чином через обмеження інфраструктури та вплив екстремальних погодних явищ [12]. Ключовим прикладом є зимова енергетична криза в Європі у 2021 і 2022 роках. Поставки природного газу в ЄС були обмежені через скорочення імпорту з Росії, водночас для задоволення щораз вищих потреб споживачів кількість відновлюваних джерел енергії виявилась недостатньою. Результатом стали високі ціни та перебої в промисловому виробництві, зокрема в таких країнах, як Німеччина та Великобританія, які зіткнулися з дефіцитом енергії. Коли енергетичні ресурси стали надто дорогими для хімічного виробництва, зокрема для німецької компанії BASF, кілька галузей промисловості зіткнулися зі значними виробничими обмеженнями. У цей період енергетична інфраструктура Європи була особливо вразливою, а імпорт газу в Європу був підданий високому ризику переривання, що нагадує про необхідність планування довгострокової диверсифікації енергетики.

У виникненні енергетичного дефіциту відіграли важливу роль як війна між Росією та Україною, так і геополітичні ризики. У 2022 році, коли Росія вторглася в Україну, потік глобальних ланцюгів постачання енергоресурсів до країн ЄС був серйозно порушений, а Європа залежала від російського газу. Незважаючи на обмеження поставок, спричинені санкціями проти російського експорту енергоресурсів, запровадженими ЄС і США, ціни на енергоносії зросли ще вище, і європейські країни почали шукати альтернативні джерела енергії. Польща і Литва прискорили перехід на імпорт скрапленого природного газу (СПГ),

тоді як Німеччина поспішала будувати термінали СПГ, щоб зменшити свою залежність від російського газу [13]. Геополітичний конфлікт був не лише в межах Європи, його наслідки поширилися по всьому світу, оскільки перебої з поставками та підвищення цін на паливо вплинули на світову промисловість та економіку.

Ця геополітична подія також спричинила глобальну енергетичну кризу в країнах, що розвиваються. Брак енергії в таких країнах, як Шрі-Ланка та Пакистан, призводив до частих відключень електрики та багатьох збоїв в основних галузях промисловості, як-от текстильна та важка промисловість. Дефіцит електроенергії на Шрі-Ланці вплинув на роботу звичайних підприємств і громадян, погіршивши і без того нестабільний економічний стан держави [14]. Пакистан у 2022 році також охопив дефіцит палива та відбулися відключення електроенергії, що вплинуло на промисловість переважно в енергоємних секторах, як-от виробництво цементу та сталі.

Високі ризики дефіциту енергії періоду 2019–2023 років мали широкомасштабні наслідки, оскільки вони спонукали не тільки окремі галузі, але й держави до перегляду своїх стратегій у сфері енергетики. Енергетична криза однаково вплинула на індустріалізовані економіки та економіки, що розвиваються, як це показали приклади таких компаній, як Delta Air Lines, BASF і таких країн, як Німеччина, Шрі-Ланка та Пакистан [15].

В умовах енергетичних ризиків стабільність і ефективність бізнес-процесів забезпечується саме завдяки оперативному управлінню. Саме у 2019–2023 роках підприємства зіткнулися з безпрецедентними проблемами внаслідок зростання волатильності цін на енергоносії та дефіциту поставок, а також геополітичної напруги [16]. Ці ризики вплинули на компанії в різних галузях, порушуючи ланцюжки поставок і збільшуючи операційні витрати. У таких умовах операційним менеджерам необхідно застосовувати проактивні підходи, щоб захистити свої організації та підприємства. Такі ризики можна пом'якшити за допомогою стратегічного планування, енергоефективних технологій і співпраці з постачальниками енергії, за допомогою яких менеджери також можуть зменшити вплив перебоїв в енергоспоживанні, запровадити більш передбачувані структури витрат і заохочення довгострокової стійкості.

Основні енергетичні ризики та запропоновані проактивні стратегії управління для підтримки стабільності операцій представлено в таблиці 1.

Отже, енергетичні ризики мають значні наслідки для операційного управління, включаючи існування компанії загалом та грошовий вплив на структуру витрат, безперервність виробництва та стійкість бізнесу. Дані з Таблиці 1 показують, що операційні менеджери мають різні інструменти для пом'якшення цих ризиків. Планування на випадок непередбачених ситуацій і довгострокові контракти на закупівлю енергії, інвестиції в енергоефективні технології та диверсифікація джерел енергії можуть допомогти організаціям захиститися від мінливості цін і вирішити проблеми з дефіцитом поставок.

У міру того, як енергетичне середовище стає все більш невизначеним, ці профілактичні заходи дозволять операційним менеджерам краще справлятися зі складнощами найближчого майбутнього [15]. Вони також можуть допомогти убезпечити свою власну діяльність, а в деяких випадках допомогти досягти ширших цілей сталого розвитку, просто зосередившись на енергетичній безпеці та ефективності.

Компанії з усіх галузей промисловості реагують на щораз вищий ризик дефіциту енергії, вживаючи різних заходів [16]. Зокрема, компанії інтегрують відновлювані джерела енергії, як-от сонячна, вітрова та водна, у свої енергетичні портфелі, щоб досягти більшої енергетичної безпеки та зменшити свою вразливість до нестабільності ринків викопного палива. Це один із найпоширеніших підходів до диверсифікації джерел енергії, який дозволяє суб'єкту господарювання мінімізувати свою залежність від якогось одного виду енергії чи постачальника енергії. Наприклад, останніми роками технологічні центри Google і Amazon збільшили використання відновлюваної енергії з бажанням зробити свої глобальні центри оброблення даних на 100% чистій енергії [15]. Крім того, це дозволяє цим компаніям досягати довгострокових цілей сталого розвитку, одночасно зменшуючи ризики нестачі поставок викопного палива, і це не дозволить нафтовим компаніям збільшити прибуток.

Не менш важливою стратегією адаптації, яку бізнес застосовує для подолання енергетичних ризиків, є підвищення ефективності. Компанії можуть зменшити свої загальні витрати на енергію, інвестуючи в передові технології та оптимізуючи роботу, чим завдадуть менше шкоди своєму бізнесу, якщо вони не зможуть постачати енергію споживачам

Таблиця 1

**Наслідки операційного менеджменту в управлінні енергетичними ризиками**

| № | Енергетичний ризик | Стратегія управління | Приклади компаній/ галузей | Вплив на операційне управління |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Волатильність цін | Планування на випадок непередбачених ситуацій | Delta Air Lines, Southwest Airlines | - Стабілізує операційні витрати шляхом фіксації цін на енергію;<br>- Зменшує ризик раптового зростання цін |
| | | Контракти на закупівлю енергії | Toyota and General Motors | - Забезпечує передбачувані витрати на електроенергію та запобігає збоям через нестабільність цін |
| | | Гнучкі моделі ціноутворення | Сектор промислового виробництва | - Узгоджує споживання енергії з графіком виробництва, знижуючи витрати в періоди пікових цін |
| 2. | Дефіцит поставок | Диверсифікація джерел енергії | Google | - Підвищує енергетичну безпеку шляхом зменшення залежності від одного джерела;<br>- Підтримує безперебійність виробничих процесів |
| | | Енергоефективні технології | Tesla, Siemens | - Зменшує експлуатаційне енергоспоживання;<br>- Знижує загальні витрати на енергію, підвищуючи ефективність |
| | | Програми реагування на попит | Walmart | - Забезпечує економію коштів і допомагає збалансувати пропозицію;<br>- Мінімізує збої під час дефіциту електроенергії |
| 3. | Геополітичні ризики | Оцінювання геополітичних ризиків | Європейський виробничий сектор (через російсько-українську війну). | - Забезпечує швидке реагування на раптовий дефіцит енергії або стрибки цін;<br>- Зменшує вплив геополітичних подій |
| | | Стратегічні резерви енергії | BASF, Shell | - Забезпечує буфер для продовження роботи під час перебоїв у постачанні;<br>- Зменшує час простою, спричинений геополітичними подіями |
| | | Співпраця в питаннях енергоресурсів | TotalEnergies, British Petroleum | - Зменшує ризик завдяки географічному розподілу джерел енергії;<br>- Збільшує силу переговорів для забезпечення кращих умов |

*Джерело: сформовано на основі [15; 16]*

під час стрибків цін на енергію або дефіциту ресурсу. Наприклад, компанія Toyota зробила акцент на тому, щоб зробити виробничі процеси більш енергоефективними [14]. Toyota зменшила споживання енергії на вироблений автомобіль шляхом впровадження технологій автоматизації та енергозбереження, наприклад, світлодіодного освітлення, високоефективних систем HVAC та інтелектуальних систем управління енергією. Це не тільки скорочує витрати, але й дає надію, що майбутні перебої з енергопостачанням будуть набагато менш значними.

Крім того, багато компаній вживають заходів щодо управління попитом, щоб теж зменшити свої енергетичні ризики. Це означає

розрахунок того, як компанії використовують енергію в потрібний час, особливо в моменти піку, програми реагування на попит або рішення для зберігання енергії. Такі дії допомагають компаніям економити на витратах на енергію під час пікових навантажень і підтримувати виробництво в періоди, коли енергопостачання обмежене. Наприклад, постачальник комунальних послуг об'єднався з Walmart, щоб надати їм програми управління попитом у кожному магазині по всій країні [15]. Участь у цих програмах дозволяє компанії контролювати споживання енергії та отримувати стимули від постачальників, які можуть допомогти знизити загальні витрати на енергію та покращити баланс постачання та попиту в мережі.

Диверсифікуючи джерела енергії, підвищуючи ефективність і активніше керуючи попитом, компанії адаптуються до дефіциту енергії та зменшують ризики. Такі підприємства можуть стати більш стійкими до нестабільної енергетичної ситуації та вести більш ефективну роботу в довгостроковій перспективі, значно зменшивши свою залежність від традиційних джерел енергії, покращивши використання енергетичних ресурсів та керуючи моделями споживання.

Результати показують, що існує сильний зв'язок між операційною ефективністю та енергетичним ризиком. Дефіцит енергії може вплинути на бізнес-процеси різними способами, спричиняючи збої в роботі підприємств. Збої – це затримки виробництва, додаткові витрати та зниження рентабельності. Наприклад, коли постачання енергії є непередбачуваним, компанії зазвичай мають простої в роботі, через які вони не можуть задовольнити попит клієнтів і зазнають збитків [13]. Крім того, ціни на енергоносії є змінними, тому підприємствам важко передбачити витрати та ефективно розподілити ресурси, що перешкоджає їх плавній і безперервній роботі.

Для подолання енергетичних ризиків операційним менеджерам важливо вживати профілактичних заходів. Планування на випадок надзвичайних ситуацій – це одна з ключових стратегій, за допомогою якої підприємства можуть легко «скласти план»: сформувати резервні плани, наприклад, шляхом розроблення альтернативних джерел енергії або скорочення витрат під час дефіциту. Інвестиції в енергоефективні технології також допомагають компаніям знизити загальне споживання енергії та зменшити ймовірність постраждати від нестабільності цін або енергопостачання. Системи розумних будівель і особливо технології енергоефективного обладнання можуть значно скоротити використання енергії, зберігаючи рівень виробництва [17]. Тісна співпраця з постачальником енергії через довгострокові контракти на закупівлю або приєднання до програм реагування на попит може забезпечити безпеку енергопостачання та мінімізувати збої в роботі.

У довгостроковій перспективі підприємства повинні бути більш стійкими у розв'язанні проблем дефіциту енергії. Інтеграція оновленої енергії є важливою стратегією, оскільки вона зменшує залежність від традиційних джерел енергії, які є нестабільними, і пропонує краще джерело, яке є сприятливим для довкілля. Декілька компаній, включаючи Apple і Microsoft, оголосили, що здійснять перехід на 100-відсоткову відновлювану енергію [16]. Запровадження інтелектуальних мережевих технологій також сприяє кращому управлінню енергією завдяки моніторингу та оптимізації енергоспоживання підприємствами в реальному часі. Розумні мережі підвищують гнучкість і надійність енергетичних систем, полегшуючи компаніям керування коливаннями поставок і знижуючи ризики енергетичної системи.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Отримані результати показують, як дефіцит енергії, спричинений такими факторами, як коливання цін, дефіцит поставок і геополітична напруженість, впливає на бізнес-процеси та знижує операційну ефективність. Збільшення затримок у виробництві, вартість енергії та зниження рентабельності з нестабільним енергопостачанням – це те, через що компанія отримує збитки. Контроль цих ризиків дуже важливий для підтримки безперервності та стійкості бізнес-операцій. Це дослідження сприяє подоланню розриву між теоретичними підходами до управління енергетичними ризиками та емпіричною практикою в галузях, що піддаються нестабільності енергетики.

Операційні менеджери повинні вживати профілактичних заходів для оцінювання та пом'якшення ризиків дефіциту енергії. Це передбачає розроблення планів на випадок надзвичайних ситуацій, інвестування в енергоефективні технології та роботу з постачальниками енергії для підтримки стабільності постачання. Також менеджери повинні звернути увагу на диверсифікацію джерел енергії, вивчення стратегій управління попитом, щоб мінімізувати негативний

вплив збоїв в енергопостачанні на їхніх підприємствах. Якщо підприємства інтегрують ці практики, вони отримають можливість створювати більш стійкі та ефективні операційні моделі.

Майбутні дослідження мають проаналізувати, як впровадження відновлюваної енергії впливає на управління операційними ризиками в довгостроковій перспективі. Крім того, дослідження зв'язку між державною політикою і сталим розвитком енергетики та зменшенням інтенсивності й рівня енергетичного дефіциту може мати інформаційний потенціал. Подальші дослідження секторальних енергетичних ризиків і різної придатності стратегій їх зниження можуть допомогти уточнити розуміння управління дефіцитом енергії в різних галузях промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Losada-Agudelo M., Souyris S. Sustainable operations management in the energy sector: A comprehensive review of the literature from 2000 to 2024. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. No. 18. P. 7999. DOI: https://doi.org/10.3390/su16187999

2. Li B. Leading role of natural resources, eco-efficiency assessment, and energy transition in environmental sustainability: A depth of digital transformation. *Resources Policy*. 2024. Vol. 94. P. 105145. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105145

3. Generalov O. Analysis of modern trends and opportunities in the logistics channels of energy products producers. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. Vol. 10. No. 1. P. 39–43. DOI: https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-1-39-43

4. Prokopenko O., Chechel A., Koldovskiy A., Kldiashvili M. Innovative models of green entrepreneurship: Social impact on sustainable development of local economies. *Economics Ecology Socium*. 2024. Vol. 8, No. 1. P. 89–111. DOI: https://doi.org/10.61954/2616-7107/2024.8.1-8

5. Sanko H., Koldovskyi A. Analysis of consumers' innovation efficiency: changes of the consumption patterns in the Ukrainian society over the last 25 years. *Geopolitics under Globalization*. 2017. Vol. 1. No. 2. P. 4–12. DOI: https://doi.org/10.21511/gg.01(2).2017.01

6. Ghazanfari A. An analysis of circular economy literature at the macro level, with a particular focus on energy markets. *Energies*. 2023. Vol. 16. No. 5. P. 1779. DOI: https://doi.org/10.3390/en16041779

7. Giri B. K., Roy S. K. Fuzzy-random robust flexible programming on sustainable closed-loop renewable energy supply chain. *Applied Energy*. 2024. Vol. 363. P. 123044. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123044

8. Le Luu Q., Longo S., Cellura M., Riva Sanseverino E., Cusenza M. A., Franzitta V. A conceptual review on using consequential life cycle assessment methodology for the energy sector. *Energies*. 2020. Vol. 13. No. 12. P. 3076. DOI: https://doi.org/10.3390/en13123076

9. Pender K., Romoli F., Fuller J. Lifecycle assessment of strategies for decarbonising wind blade recycling toward net zero 2050. *Energies*. 2024. Vol. 17. No. 8. P. 3008. DOI: https://doi.org/10.3390/en17123008

10. Yudha S. W., Tjahjono B., Longhurst P. Sustainable transition from fossil fuel to geothermal energy: A multi-level perspective approach. *Energies*. 2022. Vol. 15, No. 21. P. 7435. DOI: https://doi.org/10.3390/en15197435

11. Krishankumar R., Ramanujam N., Zavadskas E. K., Ravichandran K. S., Gandomi A. H. Ranking barriers impeding sustainability adoption in clean energy supply chains: A hybrid framework with Fermatean fuzzy data. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2024. Vol. 71. No. 4. P. 5506–5522. DOI: https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3350249

12. Dabić M., Vlačić B., Kiessling T., Caputo A., Pellegrini M. Serial entrepreneurs: A review of literature and guidance for future research. *Journal of Small Business Management*. 2021. Vol. 61, No. 3. P. 1107–1142. DOI: https://doi.org/10.1080/00472778.2021.1969657

13. Environmental Protection Agency. Global greenhouse gas overview. 2023. URL: https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-overview

14. Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Mitigation of climate change, Chapter 2. IPCC, 2022. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/

15. International Monetary Fund. IMF annual report. *IMF Policy Paper*. Washington, D.C., USA, 2023. URL: https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/2023/

16. International Renewable Energy Agency. World energy transitions outlook 2023. 2023. URL: https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023

17. Ричка Р. Ю. Економічний аналіз ефективності інвестицій у сонячну енергетику: Окупність, доходність, ризики. *Економіка та суспільство*. 2024. № 60. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-146.

REFERENCES:

1. Losada-Agudelo M., Souyris S. (2024) Sustainable operations management in the energy sector: A comprehensive review of the literature from 2000 to 2024. *Sustainability*. Vol. 16, no. 18, pp. 7999. DOI: https://doi.org/10.3390/su16187999

2. Li B. (2024) Leading role of natural resources, eco-efficiency assessment, and energy transition in environmental sustainability: A depth of digital transformation. *Resources Policy*. Vol. 94, pp. 105145. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105145

3. Generalov O. (2024) Analysis of modern trends and opportunities in the logistics channels of energy products producers. *Baltic Journal of Economic Studies*. Vol. 10, No. 1, pp. 39–43. DOI: https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-1-39-43

4. Prokopenko O., Chechel A., Koldovskiy A., Kldiashvili M. (2024) Innovative models of green entrepreneurship: Social impact on sustainable development of local economies. *Economics Ecology Socium*. Vol. 8, no. 1, pp. 89–111. DOI: https://doi.org/10.61954/2616-7107/2024.8.1-8

5. Sanko H., Koldovskyi A. (2017) Analysis of consumers' innovation efficiency: changes of the consumption patterns in the Ukrainian society over the last 25 years. *Geopolitics under Globalization*. Vol. 1, no. 2, pp. 4–12. DOI: https://doi.org/10.21511/gg.01(2).2017.01

6. Ghazanfari A. (2023) An analysis of circular economy literature at the macro level, with a particular focus on energy markets. *Energies*. Vol. 16, no. 5, P. 1779. DOI: https://doi.org/10.3390/en16041779

7. Giri B. K., Roy S. K. (2024) Fuzzy-random robust flexible programming on sustainable closed-loop renewable energy supply chain. *Applied Energy*. Vol. 363, P. 123044. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123044

8. Le Luu Q., Longo S., Cellura M., Riva Sanseverino E., Cusenza M. A., Franzitta V. (2020) A conceptual review on using consequential life cycle assessment methodology for the energy sector. *Energies*. Vol. 13, no. 12, P. 3076. DOI: https://doi.org/10.3390/en13123076

9. Pender K., Romoli F., Fuller J. (2024) Lifecycle assessment of strategies for decarbonising wind blade recycling toward net zero 2050. *Energies*. Vol. 17, no. 8, P. 3008. DOI: https://doi.org/10.3390/en17123008

10. Yudha S. W., Tjahjono B., Longhurst P. (2022) Sustainable transition from fossil fuel to geothermal energy: A multi-level perspective approach. *Energies*. Vol. 15, no. 21, P. 7435. DOI: https://doi.org/10.3390/en15197435

11. Krishankumar R., Ramanujam N., Zavadskas E. K., Ravichandran K. S., Gandomi A. H. (2024) Ranking barriers impeding sustainability adoption in clean energy supply chains: A hybrid framework with Fermatean fuzzy data. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 71, no. 4, pp. 5506–5522. DOI: https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3350249

12. Dabić M., Vlačić B., Kiessling T., Caputo A., Pellegrini M. (2021) Serial entrepreneurs: A review of literature and guidance for future research. *Journal of Small Business Management*. Vol. 61, No. 3, pp. 1107–1142. DOI: https://doi.org/10.1080/00472778.2021.1969657

13. Environmental Protection Agency (2023) Global greenhouse gas overview. Available at: https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-overview

14. Intergovernmental Panel on Climate Change (2022) Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Mitigation of climate change, Chapter 2. Available at: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/

15. International Monetary Fund (2023) IMF annual report. *IMF Policy Paper*. Washington, D.C., USA. Available at: https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/2023/

16. International Renewable Energy Agency (2023) World energy transitions outlook 2023. Available at: https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023

17. Richka R. Yu. (2024) Ekonomichnyi analiz efektyvnosti investytsii u sonyachnu energetyku: Okupnist, dokhidnist, ryzyky [Economic analysis of the efficiency of investments in solar energy: Payback, profitability, risks]. *Ekonomika ta suspilstvo* [Economics and Society]. No. 60. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-146 (in Ukrainian)