

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА ЇХ ОЦІНЮВАННЯ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Герасимчук Л.О., Кириленко Н.П., Валерко Р. А., Пацева І.Г.
Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир, Україна
gerasim4uk@ukr.net

Розглянуто питання оцінки екологічних ризиків, що виникають у процесі транспортування на видобувних підприємствах. Обґрунтовано актуальність проблеми з огляду на високу частку транспортування в загальному екологічному навантаженні, особливо в умовах відкритих гірничих розробок. Визначено основні джерела ризиків, пов'язані з експлуатацією важкої техніки, зокрема самоскидів, екскаваторів, навантажувачів, а також їх вплив на стан атмосферного повітря, ґрунтів та біорізноманіття. Запропоновано концепцію поетапної оцінки екологічних ризиків транспортної складової, яка ґрунтується на комплексному використанні SWOT- та PEST-аналізів. Проведений SWOT-аналіз дозволив виявити сильні та слабкі сторони, можливості та загрози, що впливають на екологічну безпеку транспортування, та сформувати матрицю стратегій управління ризиками. Застосований для зовнішнього стратегічного аналізу PEST-аналіз допоміг зрозуміти ширший контекст впливу на екологічну безпеку транспортних процесів, обґрунтувати доцільність адаптації підприємства до зовнішніх умов. SWOT- і PEST-аналізи дозволили сформулювати пріоритетні напрямки підвищення екологічної безпеки, зокрема: перехід до екологічно чистих або менш шкідливих видів пального; встановлення мобільних станцій моніторингу викидів і запиленості; організація навчання для персоналу з екологічної безпеки; реалізація програм енергоефективності на рівні транспортного циклу. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення систем екологічного моніторингу, впровадження технологій «зеленої» логістики, залучення інвестицій на засадах екологічної відповідальності, а також адаптації підприємств до нових екологічних стандартів. Запропонована методика має прикладне значення для оптимізації виробничої логістики, зниження витрат на паливо й обслуговування, а також підвищення корпоративної екологічної відповідальності у гірничодобувному секторі. *Ключові слова:* екологічний ризик, екологічна безпека, гірничодобувна діяльність, транспортування, облицювальний камінь, SWOT-аналіз, PEST-аналіз, логістика, екологічний моніторинг, дизельна техніка, пилове забруднення, сталий розвиток, «зелена» логістика, управління ризиками.

Environmental risks and their assessment in the context of sustainable development of mining enterprises. Herasymchuk L., Kyrylenko N., Valerko R., Patseva I.

This article explores the assessment of environmental risks arising from transportation activities at mining enterprises. The relevance of the issue is substantiated based on the significant share of transportation in the overall environmental burden, especially in open-pit mining conditions. The main sources of risk associated with the operation of heavy machinery – including dump trucks, excavators, and loaders – are identified, as well as their impact on air quality, soil conditions, and biodiversity. A step-by-step concept for assessing the environmental risks of the transportation component is proposed, based on the integrated use of SWOT and PEST analyses. The SWOT analysis made it possible to identify strengths and weaknesses, opportunities and threats affecting the environmental safety of transportation, and to develop a matrix of risk management strategies. The PEST analysis, applied for external strategic evaluation, helped to understand the broader context of environmental impacts on transport processes and to justify the need for enterprise adaptation to external conditions. Both SWOT and PEST analyses enabled the formulation of priority directions for enhancing environmental safety, including: transition to cleaner or less harmful fuels; installation of mobile emission and dust monitoring stations; staff training in environmental safety; and implementation of energy efficiency programs at the transportation cycle level. The results of the study can be used to improve environmental monitoring systems, introduce green logistics technologies, attract investment based on environmental responsibility principles, and support enterprise adaptation to new environmental standards. The proposed methodology has practical value for optimizing production logistics, reducing fuel and maintenance costs, and increasing corporate environmental responsibility in the mining sector. *Key words:* environmental risk, environmental safety, mining operations, transportation, dimension stone, SWOT analysis, PEST analysis, logistics, environmental monitoring, diesel machinery, dust pollution, sustainable development, green logistics, risk management.

Постановка проблеми. У сучасних умовах інтеграції екологічної безпеки в систему сталого розвитку підприємств, особливого значення набуває оцінювання екологічних ризиків, пов'язаних з діяльністю гірничодобувної галузі. Одним з ключових джерел такого ризику є транспортування гірничої маси, технічних вантажів та відходів, яке супроводжує всі етапи видобутку.

Транспортна складова у структурі видобувного процесу має значне екологічне навантаження, адже формує до 45–65% загальної енерговитратності, є джерелом пилу, викидів забруднюючих речовин, шуму, деградації ґрунтів та пошкодження рослинності. Техніка, яка використовується у кар'єрах, часто працює на дизельному паливі, ускладнюючи

дотримання екологічних норм, особливо в умовах складного рельєфу і високої запиленості.

Транспортні процеси мають високий потенціал для управління й оптимізації: вони піддаються кількісному аналізу, легко контролюються за допомогою сучасних моніторингових систем, дозволяють знижувати витрати на паливе та обслуговування, а також створюють передумови для екологічної модернізації. У той же час, підприємства стикаються з рядом викликів – від морально застарілої техніки до посиленого законодавчого та соціального тиску, що потребує впровадження ефективної системи управління екологічними ризиками, в тому числі транспортування, що базується на сучасних інструментах аналізу зокрема, SWOT– та PEST-методах, як основи для формування ефективних рішень у сфері сталого розвитку.

Актуальність дослідження. Проблема екологічної безпеки у гірничодобувній промисловості набула особливої актуальності у зв'язку з глобальними викликами сталого розвитку, змінами клімату, посиленням екологічного законодавства та зростаючими вимогами з боку громадськості. У даному контексті видобувні підприємства становлять особливий інтерес, оскільки їхня діяльність супроводжується інтенсивним використанням природних ресурсів і має суттєвий вплив на довкілля. Транспортна складова є однією з найбільш екологічно навантажених фаз виробничого процесу, у зв'язку з чим розглядаються як перспективна сфера для екологічної оптимізації, оскільки є відносно контрольованими, технічно модернізованими і мають високий потенціал для впровадження цифрових рішень.

Незважаючи на наявність загальних підходів до екологічного моніторингу у видобувній сфері, питання системного аналізу й управління екологічними ризиками транспортування залишається недостатньо опрацьованим на практиці. Більшість підприємств не мають ефективних стратегій ризик-менеджменту саме щодо транспортної інфраструктури, що ускладнює досягнення екологічної відповідності й знижує їхню конкурентоспроможність у контексті зеленого переходу.

Застосування SWOT– та PEST-аналізів для оцінки екологічних ризиків транспортування дає змогу не лише систематизувати чинники впливу, а й обґрунтувати напрями екологічної модернізації, що відповідатимуть засадам сталого розвитку.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Авторський доробок спрямований на вирішення актуального завдання – підвищення екологічної безпеки гірничодобувних підприємств у контексті сталого розвитку через системну оцінку та управління ризиками, пов'язаними з транспортними процесами. У дослідженні застосовано адаптовані до гірничодобувного виробництва інструменти SWOT– і PEST-аналізу, які дозволяють ідентифікувати ключові фактори впливу, виявити слабкі місця у логістиці та екологічному контролі, а також сформулювати практичні рекомендації щодо зниження рівня екологічного навантаження. Зазначене дає змогу формувати обґрунтовану екологічну стратегію для підприємств, що ведуть видобуток облицовального каменю, з урахуванням економічних і соціальних умов функціонування.

Практична значущість доробку полягає у можливості безпосереднього застосування результатів

дослідження на підприємствах гірничої галузі, впровадженні екологічного моніторингу транспорту, оптимізації маршрутів і вибору екологічно доцільної техніки. Одержані результати можуть бути використані для вдосконалення систем управління охороною довкілля на виробництві, підготовки екологічної звітності та участі підприємств у програмах «зеленого» фінансування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій літературі проблематика оцінювання екологічних ризиків, в тому числі й у видобувній галузі, досліджується в контексті сталого природокористування, екологічної безпеки та техногенного навантаження [1-5, 7, 12-14].

У низці попередніх публікацій співавторів обґрунтовано підходи до кількісного аналізу та оптимізації транспортних процесів у гірничій галузі, які створюють підґрунтя для оцінки екологічних ризиків, пов'язаних із транспортуванням: Ковалевич Л. А. та ін. (2021) запропоновані підходи до нормування витрат палива та врахування технічного стану машин, що становлять основу для подальшої оцінки викидів забруднюючих речовин у атмосферу та впливу на довкілля; Кириленко Н. та ін. (2021) вперше запропоновано методіку розрахунку собівартості транспортування блоків у блочному кар'єрі на основі лінійного програмування, а запропонований підхід до оптимізації маршрутів транспортування дозволяє не лише знизити собівартість, а й мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище; Кириленко Н. (2017) зроблено висновки щодо раціонального поєднання техніки для комерційних блоків і відходів, що є релевантним для оцінки загального екологічного навантаження. Окрему увагу в наукових дослідженнях Aguiñe-Jofré та ін. (2021) приділяють використанню сучасних цифрових технологій – GPS-моніторингу, IoT-систем і автоматизованих платформ екологічного контролю. Таким чином, попередній науковий доробок спрямований на дослідження техніко-економічних і логістичних характеристик транспортних процесів у гірничому виробництві, що дозволило у цьому дослідженні зосередитись на їх екологічному аспекті.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна досліджень. Незважаючи на наявність фундаментальних підходів до ідентифікації екологічних ризиків, питання їх комплексної оцінки, що пов'язано із транспортуванням гірничої маси, відходів і технічних вантажів, залишається недостатньо розробленим. Бракує робіт, що поєднують інструменти аналізу для визначення пріоритетних напрямів екологічної модернізації транспортної інфраструктури видобувних підприємств у відповідь на виклики сталого розвитку.

Методологічне значення проведеного дослідження полягає у формуванні комплексного підходу до оцінки та управління екологічними ризиками транспортування в умовах гірничодобувних підприємств, що спеціалізуються на видобутку облицовального каменю. Запропонований аналітичний інструментарій, що поєднує SWOT– та PEST-аналіз, дозволяє: 1) ідентифікувати та систематизувати джерела екологічних ризиків, з урахуванням специфіки транспортного процесу в межах і за межами кар'єру; 2) визначити внутрішні сильні та слабкі сторони, які впливають на ефективність екологічного менеджменту підприєм-

ства; 3) оцінити зовнішні фактори впливу (політичні, економічні, соціальні та технологічні), що є актуальними в умовах трансформації екологічної політики; 4) розробити стратегічні сценарії, які забезпечують адаптацію підприємств до нових екологічних викликів та сприяють інтеграції принципів сталого розвитку у виробничу логістику; 5) закласти підґрунтя для подальших досліджень, включаючи сценарний аналіз, оцінку ефективності екомодернізації транспорту та моніторингу на основі цифрових технологій.

Таким чином, методологія, представлена у дослідженні, може бути адаптована для інших гірничодобувних підприємств, а також використовуватись у розробці екологічних політик, стандартів корпоративної відповідальності та механізмів «зеленого» фінансування.

Виклад основного матеріалу. Екологічний ризик у контексті гірничодобувної діяльності являє собою ймовірність виникнення негативних змін у стані навколишнього природного середовища внаслідок впливу виробничих процесів. В умовах відкритих гірничих виробок значна частка цих ризиків пов'язана саме з транспортуванням гірничої маси, відходів, технічних вантажів, тощо, а також безпосереднім процесом видобутку (рис. 1). Наведені екологічні ризики можуть бути локальними (обмежені територією кар'єру) або поширюватися за межі видобувної ділянки.

Підприємства з видобутку є потенційно небезпечними з екологічної точки зору, тому їхня діяльність вимагає системного підходу до оцінки, мінімізації та управління ризиками, а також постійного екологічного моніторингу й адаптації до нових екологічних стандартів.

На кар'єрах блочного каменю транспортування здійснюється із залученням великогабаритної техніки, що працює в умовах складного рельєфу, високого рівня запиленості та значного навантаження. Серед технологічного транспорту використовуються кар'єрні само-

скиди (КрАЗ, БелАЗ, CAT, Volvo), колісні навантажувачі (CAT, Volvo, Komatsu), стрілові крани, гусеничні екскаватори. А основними екологічними аспектами при роботі такої техніки є: високий рівень викидів при згорянні дизельного пального; утворення пилу під час руху по ґрунтовим дорогам; механічне пошкодження ґрунту, рослинності; потреба у великій кількості мастильних матеріалів.

Наведемо концепцію оцінки екологічних ризиків на прикладі транспортної складової гірничих підприємств, яка повинна базуватись на поетапному аналізі (рис. 2).

У системі управління екологічними ризиками підприємств видобутку корисних копалин ефективне виявлення і систематизація факторів ризику є основою для формування обґрунтованих рішень.

На сьогодні застосовують безліч методів оцінки ризиків: від класичного підходу (як добуток ймовірності та серйозності наслідків) до експертних методів (метод Делфі, опитування, анкетування) та сценарного аналізу. Одним з таких методів є застосування SWOT- та PEST-аналізів для виявлення чинників впливу, адже ідентифікація екологічних загроз на етапі аналізу кар'єрних процесів транспортування є ключовим компонентом системи управління ризиками. Мета SWOT-аналізу екологічної безпеки транспортування в кар'єрах – виявлення сильних і слабких сторін, а також зовнішніх можливостей і загроз для підвищення екологічної безпеки транспортного процесу на підприємствах видобутку облицовального каменю (табл. 1). SWOT-аналіз свідчить, що екологічна безпека транспортування в кар'єрах має певні внутрішні переваги, однак стримується рядом технологічних та управлінських недоліків. Потенціал до покращення значний – за умови цільового інвестування, впрова-

Таблиця 1

**SWOT-аналіз (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)
екологічних ризиків транспортування в кар'єрних умовах**

S (Strengths) – Сильні сторони	W (Weaknesses) – Слабкі сторони
– досвідчені оператори транспорту та механізмів – наявна внутрішня логістика на підприємстві – використання спеціалізованої кар'єрної техніки – наявність маршрутів, оптимізованих для зменшення витрат – наявність базових екологічних заходів (полив доріг, огороження маршрутів) – можливість оперативного ремонту й обслуговування транспорту на місці – можливість реконструкції внутрішньокар'єрних доріг	– застарілий автопарк (високі викиди, низька ефективність) – високий рівень експлуатаційного зносу транспорту – відсутність екологічного моніторингу викидів транспорту – висока пилоутворюваність на дорогах – недостатнє використання екологічно безпечних технологій – недостатній облік кумулятивного впливу пилу, шуму та вібрацій – низький рівень автоматизації оцінки екологічного навантаження
O (Opportunities) – Можливості	T (Threats) – Загрози
– впровадження GPS-моніторингу, EMS та FMS-систем – модернізація транспорту на альтернативне паливо (газ, електрика) – участь у програмах з енергоефективності – отримання «зелених» сертифікатів або ESG-рейтингів – розробка стратегічного партнерства з виробниками екотехніки – можливість участі у пілотних проєктах «зеленої» логістики – залучення інвестицій на умовах «зеленого фінансування» (зелені облігації, гранти)	– посилення екологічного законодавства і штрафних санкцій – соціальний тиск громад і місцевої влади – зростання вартості пального і технічного обслуговування – кліматичні зміни, що впливають на стійкість транспортної інфраструктури кар'єру – аварійні ситуації, пов'язані з розливами ПММ – втрата біорізноманіття через пилові впливи та шумове забруднення – високі витрати на утилізацію та рекультивацию в разі порушення нормативів

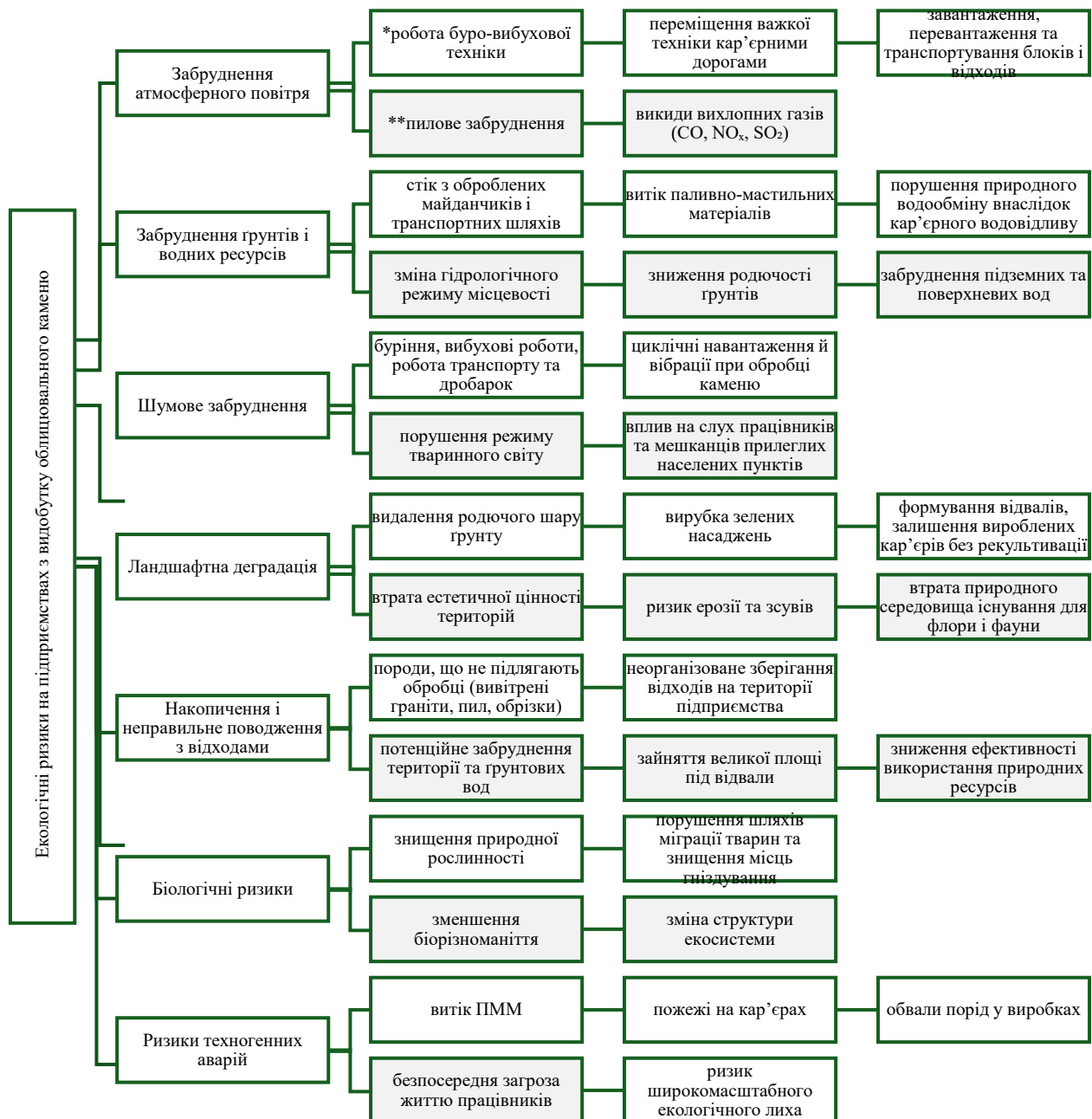


Рис. 1. Екологічні ризики на підприємствах з видобутку облицювального каменю

Примітка: *джерела ризику; **наслідки ризику.

дження цифрових рішень та оновлення транспортного парку.

SWOT-аналіз не є самостійним інструментом кількісного аналізу, проте визначає пріоритети подальшого аналізу, формує основу для сценарного аналізу (як реагувати на певні загрози чи використувати можливості), допомагає виявити внутрішні резерви, які можна мобілізувати для покращення екологічного стану. На основі проведеного SWOT-аналізу розроблена матриця стратегій SWOT (SO, WO, ST, WT) для оцінки та управління екологічними

ризиками транспортування в кар'єрних умовах на підприємствах з видобутку облицювального каменю (табл. 2).

Крім того, SWOT-аналіз є вихідною базою для побудови PEST-аналізу, що орієнтований на зовнішнє середовище, що впливає на екологічні ризики транспортування в кар'єрі (табл. 3).

Отримані результати дозволяють сформувати моделі управління екологічними ризиками транспортування в кар'єрах, яка враховує баланс між можливостями підприємства та зовнішніми викликами.



Рис. 2. Концепція оцінки екологічних ризиків на прикладі транспортної складової гірничих підприємств

Головні висновки. Транспортна складова в межах підприємств з видобутку є вагомим джерелом екологічного навантаження та має значний потенціал для оптимізації та зниження ризиків завдяки використанню сучасних технологій та управлінських рішень. Поєднання

SWOT– та PEST-аналізів дозволило комплексно оцінити внутрішні резерви підприємств і зовнішні виклики, що впливають на екологічну безпеку транспортування. Розроблена матриця стратегій SWOT є основою для побудови цільових сценаріїв екологічної модернізації транспортного процесу, з урахуванням фінансово-економічних аспектів і соціально-екологічних пріоритетів. Отримані результати свідчать про необхідність оновлення технічного парку та впровадження альтернативних видів пального, автоматизації екологічного моніторингу транспорту (через GPS, EMS, FMS-системи), активізації взаємодії з органами влади та місцевими громадами, залучення інвестицій у «зелену» логістику та екологічно безпечні інфраструктурні рішення, підвищення кваліфікації персоналу з питань екологічної безпеки. Таким чином, запропонований методологічний підхід до оцінки та управління екологічними ризиками може бути використаний як ефективний інструмент впровадження інновацій та формування сталих рішень у гірничодобувному секторі.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у розробці моделі управління екологічними ризиками транспортування в кар'єрних умовах.

Таблиця 2

Матриця стратегій SWOT (SO, WO, ST, WT) для оцінки та управління екологічними ризиками транспортування в кар'єрних умовах

SO-стратегії (використання сильних сторін для реалізації можливостей)		WO-стратегії (подолання слабких сторін через використання можливостей)	
SO1	Використання досвіду операторів та внутрішньої логістики для впровадження систем моніторингу транспорту (GPS/EMS/FMS)	WO1	Заміна застарілого транспорту на екологічно безпечні аналоги через залучення «зеленого» фінансування
SO2	Опора на наявну спецтехніку і маршрути для ефективного переходу на альтернативне паливо	WO2	Автоматизація екологічного моніторингу викидів (EMS та FMS-системи)
SO3	Реалізація програм енергоефективності завдяки наявним ремонтним базам і техобслуговуванню	WO3	Участь у програмах енергоефективності для компенсації високого енергоспоживання і зносу транспорту
SO4	Використання базових екозаходів для підвищення ESG-рейтингів і отримання зелених сертифікатів	WO4	Партнерство з екотехнічними компаніями для впровадження безпильових рішень
SO5	Реконструкція внутрішньокар'єрних доріг у рамках «зелених» пілотних проєктів або співпраці з виробниками екотехніки	WO5	Розробка внутрішньої аналітичної системи для обліку кумулятивного впливу та зменшення екологічного навантаження
ST-стратегії (використання сильних сторін для мінімізації загроз)		WT-стратегії (мінімізація слабких сторін і нейтралізація загроз)	
ST1	Мобілізація досвідчених кадрів для впровадження програм дотримання нових екологічних нормативів	WT1	Модернізація автопарку з навчанням персоналу для відповідності екостандартам
ST2	Оптимізація маршрутів для скорочення витрат на паливо у відповідь на зростання цін	WT2	Зниження шуму та пилу шляхом впровадження закритих транспортних технологій або асфальтування частин доріг
ST3	Застосування внутрішньої логістики та оперативного ремонту для швидкого реагування на аварійні ситуації	WT3	Розробка програми локального реагування на ПММ-аварії з урахуванням слабкої інфраструктури контролю
ST4	Розробка систем поливу й огороження доріг для мінімізації впливу пилу та збереження біорізноманіття	WT4	Застосування мобільних постів моніторингу на маршрутах, де відсутня стаціонарна система контролю
ST5	Використання існуючої логістичної бази для адаптації до змін кліматичних умов (грунтова стійкість, зливи тощо)	WT5	Використання грантових ресурсів для розробки інноваційних систем зниження кумулятивного впливу транспорту

**PEST-аналіз (Political, Economic, Social, Technological) зовнішнього середовища,
що впливає на екологічні ризики транспортування в кар'єрі**

Р – Політичні чинники	Е – Економічні чинники
- регуляторна політика у сфері охорони довкілля (регулювання викидів та шуму, ОВД-процедури) - державні програми з екомодернізації транспорту - підтримка екоініціатив - геополітична нестабільність та військові дії, що впливає на постачання ПММ або техніки.	- вартість впровадження екологічних технологій - податкові пільги для підприємств, що впроваджують природоохоронні заходи - паливна криза - економічна доцільність модернізації транспортної системи.
С – Соціальні чинники	Т – Технологічні чинники
- громадський тиск на підприємства за екологічне забруднення - підвищення екологічної обізнаності населення. - імідж компаній - рівень підготовки фахівців з екобезпеки на місцях.	- інновації в транспорті (доступність електротранспорту або гібридних машин) - розвиток систем дистанційного моніторингу (GPS, сенсори викидів). - інновації в пилоподавленні та шумозахисті - екологічний аудит у реальному часі

Література

- Валерко Р., Герасимчук Л. Оцінка ризику, пов'язаного з надходженням заліза з питною водою, для здоров'я населення Житомирської області. Проблеми хімії та сталого розвитку. 2021. № 3. С. 10–16. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-2>.
- Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Касумова В.Ю. Оцінка потенційного ризику для здоров'я сільського населення внаслідок споживання питної води. Таврійський науковий вісник. 2022. № 125. С. 218–224. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.30>.
- Герасимчук Л., Валерко Р., Залужна Є. Оцінка рівня екологічної безпеки територій Житомирської області за обсягами утворення відходів. Проблеми хімії та сталого розвитку. 2022. № 1. С. 3–9. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-1>.
- Герасимчук Л., Валерко Р., Розгон В., Маліновська В. Тенденції викидів діоксиду вуглецю як чинника кліматичних змін в атмосферне повітря Житомирської області від стаціонарних джерел та прогнозування їх обсягів. Проблеми хімії та сталого розвитку. 2023. №3. С. 49–58. doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-7>.
- Кириленко Н., Шамрай В., Ковалевич Л., Лебля М., Махно А. Обґрунтування транспортних робіт в умовах блочного кар'єру. Геоінженерія. 2021. № 5. С. 14–23. DOI: 10.20535/2707-2096.5.2021.230667.
- Ковалевич Л. А., Левицький В. Г., Білобров Д. М., Кириленко Н. П., Шамрай В. І. Динаміка споживання паливно-мастильних матеріалів самоскидами на Омелянівському родовищі гранітів. Технічна інженерія. 2021. № 1(87). С. 142–148. DOI: 10.26642/ten-2021-1(87)-142-148.
- Мельник-Шамрай В. В., Шамрай В. І., Пацева І. Г., Ігнатюк Р. М. Оцінка впливу гірничо-видобувної галузі на довкілля: система управління відходами. Екологічні науки. 2024. № 4 (55). С.164–168. DOI: 10.32846/2306-9716/2024.eco.4-55.26.
- Aguirre-Jofré H., Eyre M., Valerio S., Vogt D. Low-cost internet of things (IoT) for monitoring and optimising mining small-scale trucks and surface mining shovels. Automation in Construction. 2021. Vol. 131. P. 1–30. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103918.
- Korobiichuk V., Iskov S., Leonets I., Davydova I., Kalchuk S. Determination of the seismic effect of a mass explosion on the earthquake resistance of ledges of block products. IOP Conference. Series «Earth and Environmental Science». 2024. Vol. 1319 (012005). 10 p. DOI: 10.1088/1755-1315/1319/1/012005.
- Kyrylenko N. Substantiation of the wheel loader employment at dimension stone quarries in Ukraine. Italian Journal of Engineering Geology and Environment. 2017. P. 57–62. DOI: 10.4408/IJEGE.2017-02.S-06.
- Kyrylenko N., Rasputna T. Ukrainian dimension stone industry: Problems and solutions. Geoingegneria Ambientale e Mineraria. 2018. Vol. 153, no. 1. P. 5–12.
- Polishchuk D., Panasiuk A., Davydova I., Bondarchuk V. Researching the optimal combination of UAV equipment for performing surveying measurements and software for processing the results. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 5th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters. 2024. Vol. 1415, no. 1. DOI: 10.1088/1755-1315/1415/1/012029.
- Shamrai V., Leonets I., Melnyk-Shamrai V., Patseva I., Naumov Y. Reuse of stone working enterprise slurry in geopolymer and concrete products. Mining of Mineral Deposits. 2024. Vol. 18, no. 4. P. 10–17. DOI: 10.33271/mining18.04.010.
- Valerko R., Herasymchuk L., Pitsil A., Palkevich J. GIS-based assessment of risk for drinking water contamination to children's health in rural settlements. Ekológia (Bratislava). 2022. Vol. 41 (4). pp. 312–321. DOI: <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0032>.