

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«Дніпровська політехніка»

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

УДК 338.45:658.5.011.8:504.064

ЧЕБЕРЯЧКО ЛІДІЯ МИКОЛАЇВНА

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ**

Спеціальність 183 – Технології захисту навколишнього середовища
Галузь знань 18 – Виробництво та технології.

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____Л.М. Чеберячко

Науковий керівник – Борисовська Олена Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент, завідувачка кафедри

Дніпро
НТУ ДП
2025

Анотація

Чеберячко Л.М. Удосконалення технологій забезпечення екологічної безпеки промислових регіонів. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 – технологія захисту навколишнього середовища (18 – виробництво і технології) – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Дніпро, 2025.

Дисертаційна робота, що є завершеною науковою роботою, в якій подано вирішення актуальної науково-прикладної задачі з удосконалення технологій забезпечення екологічної безпеки промислових регіонів за рахунок розроблення теоретичних та методичних положень та прикладних моделей керування екологічними ризиками виникнення небезпечних подій з негативними наслідками для довкілля і населення, враховуючи євроінтеграційний вектор розвитку України.

У роботі визначено сутність сталої екологічної безпеки, як однієї із складових сталого розвитку людства, що представляє собою довготривалу захищеність господарської діяльності промислових регіонів від будь-яких впливів зовнішніх і внутрішніх загроз, невідповідностей, а також небезпечних чинників, які збільшують ймовірність настання небезпечної події. Запропоновано сталу безпеку представити у вигляді поєднання складових: формування зрозумілих вимог до екологічної безпеки регіонів; забезпечення відповідного нагляду за їх виконанням; проведення корегувальних дій для усунення невідповідностей та небезпечних чинників; керування екологічними ризиками шляхом запровадження запобіжних та захисних технологій захисту довкілля промислових регіонів.

Запропоновано для реалізації сталої екологічної безпеки в промислових регіонах скористатись проактивним підходом до побудови системи екологічної безпеки, що ґрунтується на використанні запобіжних технологій захисту довкілля, що направлені на зменшення неприйнятних екологічних ризиків від різноманітних техногенних небезпек і загроз промисловим регіонам. При цьому в основі екологічної безпеки знаходиться процес керування екологічними ризиками і можливостями у відповідності до вимог стандарту ISO 14001:2015, що дозволить своєчасно відреагувати на мінливі умови навколишнього середовища, загрози та небезпеки від

промислових підприємств. Крім того, для підвищення результативності екологічної безпеки промислових регіонів пропонується використовувати практичні інструменти, виходячи із вимог допоміжних стандартів серії ISO 14000, а також суміжних стандартів (зокрема серії стандартів «Керування ризиками» ISO 31000), що дозволяє не лише виконати вимоги, щодо обмеження впливу промислових підприємств на навколишнє середовище, а і створити потужну основу для постійного розвитку і підвищення рівня екологічної безпеки.

Запропоновано доповнити загально визнані принципи керування екологічними ризиками (інтегрованість, структурованість, адаптованість, інклюзивність, динамічність, людиноцентричність, постійне поліпшення), які наведені в стандарті ISO 31000:2018 трьома додатковими принципами, що характерні сталій екологічній безпеці: цикли PDCA, відповідальність й різноманітність. Це дозволить підвищити достовірність процесу керування екологічними ризиками завдяки відповідальному відношенню до збору різноманітних даних про виробниче середовище, в тому числі через визначення переважної більшості з усіх можливих впливів небезпечних чинників. Крім того, запропонована нова модель з оцінки екологічних ризиків, яка побудована на взаємозв'язку між екологічною небезпекою (негативним екологічним аспектом), основною екологічною небезпечною подією та вторинною, що виникає у результаті впливу екологічних наслідків від різних вражаючих чинників.

Запропонована чотирифакторна модель для кількісної оцінки екологічного ризику, яка дозволяє визначити останній як добуток ймовірності настання екологічної небезпечної події, тривалості, інтенсивності викиду шкідливої речовини та ступеня її небезпечності.

Удосконалено процес керування екологічними ризиками з одинадцяти кроків, що відрізняється від відомого наявністю додаткових етапів з визначення впливу комбінацій різних небезпечних чинників не тільки на ймовірність настання екологічно небезпечної події, але й на тривалість та інтенсивність дії небезпечного чинника на довкілля, з урахуванням статистичних даних та сценарного планування розвитку можливих негативних подій.

Розроблено диференційовані оціночні шкали для визначення ймовірності настання екологічної небезпечної події та інтенсивності впливу екологічно

небезпечної речовини, яка залежить від тривалості емісії, а також певних наслідків для довкілля, від класу токсичності речовин та рівня перевищення гранично-допустимих концентрацій, що приводить до неприйнятних екологічних ризиків.

Запропоновано ієрархію технологій зменшення або усунення екологічних небезпек з модифікованою матрицею Хеддона, що відображає взаємозв'язок між технологічними підходами на різних фазах розвитку екологічно небезпечної події. У запропонованій інтегрованій схемі передбачені превентивні технології захисту довкілля, спрямовані на усунення або заміну джерел екологічних небезпек, зменшення їх інтенсивності чи ризику прояву (зона відповідальності техногенного об'єкта). Центральна частина запропонованої схеми позначає момент реалізації екологічної небезпеки – забруднення довкілля, після якого активуються технології реагування та ліквідації наслідків.

Запропоновано перенести людиноцентричну модель управління екологічними ризиками (матрицю Хеддона) в еколого-орієнтований контекст, де ключовим об'єктом захисту є довкілля як система, а людина – його частина. У оновленому вигляді матриця Хеддона відображає системний підхід до управління екологічними ризиками, що поєднує превентивну логіку технологій з фазовою логікою реагування, забезпечуючи цілісне бачення динаміки екологічної безпеки у часі та просторі. Запропонований підхід дозволяє системно проаналізувати повний життєвий цикл екологічно небезпечної події – від запобігання до відновлення довкілля – і визначити межі відповідальності різних суб'єктів управління ризиками.

Визначено взаємозв'язок між ймовірністю настання небезпечної екологічної події та тяжкістю наслідків між групами екологічних, соціальних та економічних ризиків через діаграму Ейлера – Венна, що дозволило побудувати модель взаємодії між небезпеками і можливостями в екологічній, соціальній та економічній сферах – основних складових системи управління екологічною безпекою в промислових регіонах.

Показано, що побудова інтегрованих систем управління промисловими регіонами, де існує екологічне управління як важлива його складова, дозволяє підвищити результативність природоохоронної діяльності. Це досягається завдяки прийняттю збалансованих управлінських рішень по вибору відповідних запобіжних і

захисних технологій, які забезпечують захист навколишнього середовища та суспільства з мінімальними фінансовими збитками підприємств. При цьому запропонована удосконалена модель взаємозв'язку між екологічною небезпекою, екологічною небезпечною подією та трьома групами відповідних наслідків (екологічних, соціальних та економічних), що дозволяє удосконалити алгоритм оцінювання загальної шкоди та збитків та запровадження відповідних природоохоронних технологій. Розроблена модель відрізняється від відомих наявністю процедури з виявлення небезпечних чинників, які не тільки збільшують ймовірність настання небезпечної екологічної події за відповідними групами: людські, організаційні, технічні, психосоціальні, а також впливають і на тяжкість наслідків від її настання.

Встановлено закономірності між кількістю захисних/запобіжних природоохоронних технологій з фінансовими витратами на їх реалізацію, які дозволяють обрати раціональний варіант для зниження ступеню екологічного ризику виходячи із дієвості технологій та їх вартості.

Розроблено модель прийняття рішення щодо вибору природоохоронних технологій щодо раціонального вибору комплексу захисних/запобіжних заходів на основі вирішення задачі за критеріями забезпечення зниження рівня ризику від екологічної небезпеки (небезпечного чинника) до прийнятного рівня при мінімізації збитків, або для умов обмежених фінансових ресурсів. Показано, що ефективність витрат на комплекс захисних та запобіжних природоохоронних технологій підвищиться до 6 – 21% за рахунок досягнення допустимого (прийнятного) рівня екологічного ризику шляхом вибору та поєднання найбільш результативних та ефективних запобіжних/захисних технологій як за кожним небезпечним чинником, так і в цілому за всіма небезпеками з використанням оптимізаційної математичної моделі цілочисельного лінійного програмування.

Наукова новизна полягає в удосконаленні системи управління екологічною безпекою промислових регіонів за рахунок виявлення закономірностей між кількістю захисних/запобіжних природоохоронних технологій, необхідних для зниження рівня екологічного ризику від екологічної небезпеки (небезпечних чинників) до

прийнятного рівня, та витратами на їх реалізацію, що дозволяє обрати найбільш економічний варіант технології зменшення екологічних ризиків.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше встановлена залежність величини екологічного ризику від добутку ймовірності настання екологічної небезпечної події, тривалості, інтенсивності викиду шкідливої речовини та ступеня її небезпечності, що ґрунтується на причинно-наслідковому зв'язку між екологічною небезпекою та комплексним впливом небезпечних екологічних чинників на довкілля.

2. Дістала подальшого розвитку залежність витрат на застосування раціональної кількості запобіжних/захисних технологій захисту довкілля для зменшення екологічного ризику на основі пошуку цільових функцій від обмежувальних умов, які впливають з чотирьох факторної моделі ризику, при цьому встановлено, що ефективність запровадження комплексу захисних/запобіжних технологій довкілля підвищиться до 21 %.

3. Дістали подальшого розвитку закономірності керування екологічними ризиками з комплексними екологічними, соціальними і економічними наслідками, які в сукупності визначають зону неприйнятного екологічного ризику, що дозволяє оцінити кумулятивний негативний ефект взаємодії різних небезпечних екологічних чинників.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

1. Розроблено 11-кроковий процес керування ризиками, який базується на моделі причинно-наслідкового взаємозв'язку між небезпекою і комплексною небезпечною екологічною подією, ймовірність настання якої визначається через комбінований вплив різних груп небезпечних чинників, а тяжкість наслідків розраховується як добуток тривалості, інтенсивності викиду шкідливої речовини викиду та ступеня її небезпечності.

2. Розроблено математичну модель цілочисельного лінійного програмування для визначення раціональної кількості запобіжних технологій захисту довкілля для зменшення екологічного ризику із сукупності альтернативних, на основі пошуку цільових функцій та обмежувальних умов, які впливають з чотирьох факторної моделі ризику.

3 Розроблена модель керування екологічними ризиками з комплексними екологічними, соціальними і економічними наслідками, що визначаються за допомогою діаграми Венна для оцінювання кумулятивного негативного ефекту взаємодії різних небезпечних екологічних чинників, що окреслюють зону неприйняттого екологічного ризику.

4. Розроблено ієрархію запобіжних і захисних технологій усунення екологічних небезпек та ризиків для довкілля на основі матриці Хеддона, що відображає взаємозв'язок між технологічними підходами на різних фазах розвитку екологічної небезпечної події.

Теоретичні та практичні результати дисертаційного дослідження впроваджені в навчальний процес з підвищення кваліфікації фахівців з екологічної безпеки, зокрема в рамках проведення тренінгів, інструктажів та семінарів-практикумів з тематики формування культури екологічної безпеки на платформі науково-виробничого журналу «Охорона праці». Розроблені методичні матеріали «Керування екологічними ризиками в системах управління екологічною безпекою у промисловому регіоні для здобувачів третього ступеня вищої освіти для спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища» використані при підготовці навчального курсу з дисципліни «Техногенна та екологічна безпека» у НТУ Дніпровська політехніка, що здійснюють підготовку та підвищення кваліфікації з технології захисту навколишнього середовища.

Ключові слова: управління екологічною безпекою, екологічна небезпека промислових об'єктів, ризики, небезпечна екологічна подія.

SUMMARY

Cheberiachko L.M. Improvement of Technologies for Ensuring Ecological Safety in Industrial Regions - Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 183 - technology of environmental protection (18 - production and technology) – Dnipro University of Technology, Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2025.

The dissertation, which is a completed scientific work, which provides a solution to the current scientific and applied task to improve the environmental management system at industrial enterprises through the development and improvement of theoretical, methodological provisions and applied models of environmental risk control, taking into account the European integration vector of Ukraine.

The work defines the essence of sustainable safety, as one of the components of sustainable development, which is a long-term protection of economic activity of industrial enterprises from any influences of external and internal threats, inconsistencies, as well as hazardous factors that increase the probability of a hazardous event. It is suggested that sustainable safety be presented in the form of a combination of four components: formation of clear requirements, ensuring appropriate supervision of their implementation, conducting corrective actions to eliminate inconsistencies and hazardous factors, and the last one, the introduction of preventive measures.

It is proposed for the implementation of sustainable safety at industrial enterprises to use a proactive approach to the construction of the environmental management system, which is based on responsibility for the results and actions obtained for a decrease in the negative impact from the various hazards and threats inherent in the production environment. At the same time, the environmental management system is the process of management of risk and capabilities in accordance with the requirements of the ISO 14001: 2015, which will respond in a timely manner to changing conditions of the production environment, threats, and hazards. In addition, to increase the effectiveness of environmental management systems, it is proposed to use practical tools based on the requirements of auxiliary standards of the ISO 14000 series, as well as related standards

(including the ISO 31000 series), which allows not only to fulfil the requirements, but to create a powerful basis for constant improvement.

It is proposed to add to the generally recognized principles of risk management (integration, structure, adaptability, inclusivity, dynamic, human -centricity, constant improvement), which are given in ISO 31000: 2018 in two principles peculiar to security: responsibility and variety. This will allow you to increase the reliability of the risk management process due to the responsible attitude to the collection of various data on the production environment, including by determining all the possible effects of hazardous factors. In addition, a new model for assessing environmental risks is proposed, which is built on the relationship between environmental hazards (negative environmental aspect), the main environmental hazardous event and the secondary one, which results from the impact of environmental effects from various striking factors.

An algorithm for managing environmental risks with eleven steps is developed, which is different from the known ones by availability of additional stages to determine the impact of combinations of various hazardous factors not only on the probability of a hazardous event, but also on increasing the duration and intensity of environmental hazards on the environment, taking into account statistics, and scripting the development of possible negative events.

Evaluation scales have been developed to determine the probability of an environmental hazardous event, as well as the intensity of the effects of harmful substance on the environment, which depends on the characteristics of the ecosystem and duration of emission, as well as the toxicity class and exceeding the maximum permissible level of emissions.

An improved hierarchy of preventive and protective environmental measures, which is different from the known one described in ISO 14001: 2015, by distribution to areas of responsibility of the enterprise and state (communal) bodies, which allows determining the costs of localization and elimination of accidents and environmental damage from pollution of atmosphere, surface water, soil, land, water, useful or protected flora and fauna, forest or vegetation, as well as human life and health.

The relationship between the probability of a hazardous environmental event and the severity of the consequences between economic, environmental and occupational risks

through Euler's - Venna diagram is determined, which allowed to build a model of interaction between hazards and opportunities in economic, environmental and social spheres - components of integrated management systems,.

It is shown that the construction of integrated management systems, where the environmental management system is one of its components, allows to increase the effectiveness of industrial enterprises by making balanced management decisions that cover the care of the environment, society, and financial achievements of enterprises. At the same time, an advanced model of interconnection between environmental hazards, an ecological hazardous event and three groups of consequences (ecological, economic, and social) is proposed, which allows to improve the algorithm for evaluating the total amount of losses. The developed algorithm differs from the known by the availability of hazardous factors that not only increase the probability of a hazardous environmental event in the corresponding groups: human, organizational, technical, psychosocial, and also affect the severity of the consequences of its occurrence.

A rational selection of a complex of protective/precautionary measures was developed based on the solution of optimization problem according to the criteria for reducing the level of risk from hazard to an acceptable level when minimizing financial costs or the maximum total efficiency of financial costs or for limited financial resources. It is shown that the efficiency of financial costs for a complex of protective and precautionary measures can be increased 21% due to integer linear programming, which allows to achieve a permissible level of risk through the selection and combination of the most effective preventive and protective measures for each hazardous factor and in general at all hazards.

Scientific novelty consists in establishing a dependence between the amount of protective/precautionary measures to reduce environmental risk from environmental hazard to acceptable level and financial costs for their implementation, which allows you to choose the most rational option, based on the conditions of minimizing financial costs or maximizing risk reduction.

Scientific results.

1. For the first time, a dependence of the environmental risk magnitude on the product of the probability of an environmentally hazardous event, the duration and intensity of the hazardous substance emission, and the degree of its hazard has been established. This

dependence is based on the cause-and-effect relationship between environmental hazard and the complex impact of hazardous environmental factors on the environment.

2. The dependence of costs for the application of a rational number of preventive environmental protection technologies to reduce environmental risk has been further developed. This was achieved by searching for objective functions subject to constraint conditions derived from a four-factor risk model. It was established that the efficiency of implementing a complex of protective and preventive environmental technologies will increase by up to 21%.

3. The patterns of environmental risk management with complex environmental, social, and economic consequences have been further developed. Together, these consequences define a zone of unacceptable environmental risk, allowing for the assessment of the cumulative negative effect of the interaction between various hazardous environmental factors.

The Practical Significance of the Results is as follows.

1. An 11-step risk management process has been developed, based on a model of the cause-and-effect relationship between a hazard and a complex hazardous environmental event. The probability of such an event is determined through the combined influence of different groups of hazardous factors, while the severity of consequences is calculated as the product of the duration, emission intensity, and the degree of hazard of the substance.

2. A mathematical model of integer linear programming has been developed to determine the rational number of preventive environmental protection technologies from a set of alternatives. This is based on the search for objective functions and constraint conditions derived from the four-factor risk model.

3. A model for environmental risk management has been developed, considering complex environmental, social, and economic consequences. These are determined using a Venn diagram to evaluate the cumulative negative effect of the interaction of various hazardous environmental factors that outline the zone of unacceptable environmental risk.

4. A hierarchy of preventive and protective technologies for eliminating environmental hazards and risks has been developed based on the Haddon Matrix. This hierarchy reflects the relationship between technological approaches at different phases of an environmentally hazardous event's development.

Theoretical and practical results of the dissertation research.

The implemented measures within the educational process aimed at professional development of specialists in environmental safety at industrial enterprises have included the conduction of training sessions, briefings, and seminar-workshops focused on fostering a culture of environmental safety. These activities were conducted through the platform of the scientific-practical journal "Occupational Safety."

The developed methodological materials titled "Environmental Risk Management in Ecological Safety Systems for Industrial Regions," designed for postgraduate students specializing in G2 Environmental Protection Technologies and K10 Civil Safety, were utilized in the preparation of a curriculum for the course "Technogenic and Environmental Safety" at the Dnipro Polytechnic National Technical University. This institution is responsible for training and professional development in environmental protection technologies. The proposed approach to environmental risk management has also been incorporated into the internal audit system of environmental safety for the company Standard Capital Invest.

Furthermore, the dissertation materials have been applied during the implementation of corporate programs aimed at enhancing the culture of environmental safety on industrial facilities within Ukraine's oil and gas sector. Specifically, the procedures for assessing environmental risk levels were tested under actual production conditions, as documented in the letter from LLC "Expert Petroleum Ukraine" (No. 15102024-01 dated October 15, 2024).

The developed approach to environmental risk management has been integrated into the internal audit system of the environmental safety systems for industrial regions, contributing to the continuous improvement and compliance of environmental safety practices within the sector.

Keywords: environmental aspect, environmental hazard, risk, hazardous environmental event.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Статті у наукових фахових виданнях:

1. The process of dangerous event management taking into account economic, environmental and occupational losses. / Tsopa, V.A., Yavorska, O.O., Borysovska, O.O., Cheberyachko, L.M., & Nehrii, T.O. // *Environmental Safety and Natural Resources*, 2024. - 51(3), 72–87. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.3.72-87>
2. Вдосконалення процесу керування ризиками згідно ISO 31000:2018 та з урахуванням принципів Індустрії 5.0 /В.А. Цопа, С.І. Чеберячко, І.М. Луценко, О.В. Дерюгін, О.О. Шустов, Л.Д. Чеберячко//*Coll.res.pap.nat.min.univ.* 2024, 78:197–210. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/78.197>
3. Обґрунтування ключових чинників щодо застосування перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень. // Дерюгін О., Столбченко О., Лябах Д., & Чеберячко Л. /*Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, 2024, (48), 120–134. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.48.2024.310696>.
4. Визначення тяжкості наслідків вибуху пального на автозаправної станції / Цопа В.А., Дерюгін О.В., Забеліна В.А., Чеберячко Л.М. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 50. С. 200-209. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.50.2025.336385>

Статті у виданнях включених до бази SCOPUS

1. Causal relationship between environmental aspect and environmental risk John Winston Ono Lennon, Artem Pavlychenko, Vitaliy Tsopa, Oleg Deryugin, Andrii Khorolskyi and Lidia Cheberiachko E3S Web Conf., 567 (2024) 01013 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456701013>
2. Increasing the efficiency of integrated enterprise management systems /V. Tsopa, S. Cheberiachko, L. Cheberiachko , O. Nesterova and D. Pustovoi //IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2025. 1481 012013. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1481/1/012013>
3. Rational choice of a complex of preventive measures to reduce environmental risks of hazards to an acceptable level / V.Tsopa, Ia Shavarskyi, L Koryashkina, L. Cheberiachko, Yu Vakal and Ya Litvinova// IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1457012009. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1457/1/012009>

Матеріали наукових конференцій:

1. Пищикова О.В., Янова Л.О., Чеберячко Л.М. Вплив війни на екологію України. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Розвиток промисловості та суспільства” Кривий ріг 24-26.05. 2023 року / Національний криворізький університет – Кривий Ріг: НКУ, 2023. С. 36.
2. Чеберячко Л.М., Борисовська О.О. Що таке екологічний аспект? «Наукова весна» 2024: матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 27–29 березня 2024 року / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. С. 95 – 96.
3. Цопа В.А., Чеберячко Л.М. Відповідність стандартів серії ISO для забезпечення сталого розвитку людства. Міжнародний форум «Безпечна, комфортна, спроможна, територіальна громада» - 2024: матеріали міжнародної конференції, 16-18 жовтня 2024 р., м. Дніпро. – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2024. С. 150.
4. Цопа В.А., Дерюгін О.В., Чеберячко Л.М. Удосконалення процесу керування екологічними ризиками з урахуванням небезпечних чинників військового стану // Тези доповідей міжнародної науково-методичної конференції «Захист населення, територій та об'єктів критичної інфраструктури – освіта, наука, практика»: НАУ, Київ, Україна, Лечче, Італія, 23 - 24 травня 2024 року – С.12.
5. Заплатинський В.М., Уряднікова І.В., Чеберячко Л.М. Освіта з питань радіаційної безпеки в умовах війни. V Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні проблеми та перспективи розвитку охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту», 4 – 5 травня 2023 року, м. Одеса, Україна. С. 63 – 65.
6. Цопа В.А., Борисовська О.О., Чеберячко Л.М. Керування екологічними ризиками в системах екологічного управління. XVII міжнародної науково-практичної конференції Української школи гірничої інженерії «Комплексний видобуток мінеральної сировини при впровадженні інноваційних технологій переробки відходів у контексті сталого розвитку та ESG-стратегії», 30 вересня по 05 жовтня 2024 року м.Східниця, Україна. - Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2024. С. 77 - 80.
7. Цопа В.А., Забеліна В.А., Чеберячко Л.М. Оцінка техногенних ризиків викиду небезпечних речовин при надзвичайних ситуаціях. «Молодь: наука та інновації» 2024: матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (у 3-х томах) 13-15 листопада 2024 р. м. Дніпро, Україна - Д.: НТУ

«Дніпровська політехніка», 2024. С. 25 - 26.

8. Борисовська О.О., Чеберячко Л.М. Оцінка ризиків небезпеки під час визначення тяжкості наслідків від вибуху пального на АЗС. «Наукова весна» 2025: матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 26-28 березня 2025 року, м. Дніпро, Україна – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка» 2025, С.110-112.

ЗМІСТ

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.....	18
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....	19
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ З ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	27
1.1. Концепція сталої екологічної безпеки як основа розвитку промислового регіону.....	27
1.2. Аналіз вимог до процесу керування ризиками з урахуванням принципів сталої екологічної безпеки	37
1.3. Вимоги до системи управління екологічною безпекою	46
1.4. Аналіз вимог серії стандартів ДСТУ ISO 14001	52
1.5. Аналіз проблемних питань з вдосконалення технологій забезпечення екологічної безпеки промислових регіонів. Постановка задач дослідження.	62
Література до розділу 1.....	65
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ.....	72
2.1. Розробка процесу керування екологічними ризиками.....	72
2.2. Розробка ієрархії технологій зменшення або усунення екологічних небезпек.....	82
2.3. Приклад оцінювання екологічного ризику в системі управління екологічною безпекою підприємства на прикладі	88
2.4. Особливості процесу керування екологічними ризиками в інтегрованих систем управління	96
2.5. Оцінювання ризиків на прикладах втрат/збитків в інтегрованих системах управління	110
2.6. Підвищення результативності інтегрованих систем управління підприємств	121
Висновки за другим розділом.....	129

Література до розділу 2	131
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ЗАПОБІЖНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ НЕБЕЗПЕКИ ДО ПРИЙНЯТНОГО РІВНЯ.....	141
3.1. Розробка методу з раціонального вибору комплексу захисних/запобіжних заходів для зниження ризиків екологічної небезпеки	141
3.2. Розроблення процедури прийняття управлінських рішень для мінімізації екологічних збитків в промислових регіонах	155
Висновки за третім розділом	165
Література до розділу 3	167
ВИСНОВКИ.....	173
ДОДАТКИ.....	175

ТЕРМІНИ ТА СКОРОЧЕННЯ

Система управління – сукупність взаємопов'язаних елементів організації.

Система управління екологічною безпекою – частина системи інтегрованого управління, яку використовують для керування екологічними аспектами (складовими), що є обов'язковим для виконання, відповідно до вимог та розв'язання питань, пов'язаних з ризиками і можливостями.

Екологічний аспект – елемент діяльності організації (промислового підприємства, об'єкта) або продукції чи послуг, який взаємодіє чи може взаємодіяти з довкіллям (По суті – екологічна складова).

Екологічна небезпека – будь-яке джерело з можливістю заподіяння шкоди довкіллю. Треба дивитися екологічний словник Долгової Тетяни Іванівни.

Ризик – комбінація ймовірності настання негативних наслідків (шкоди) та тяжкості небажаних подій (шкоди).

Оцінка ризиків – процес оцінювання ризиків для довкілля, здоров'я населення та збитків, пов'язаних з впливом небезпек промислових підприємств, об'єктів.

Прийнятний ризик (допустимий ризик) – ризик, зменшений до такого рівня, що галузь його прояву: об'єднання підприємств, промислове підприємство, установа, організація або об'єкт, може допустити у сфері екологічної безпеки, ураховуючи її легальні обов'язки, власну політику або функції, тобто ризик, який не перевищує на території об'єкта певного рівня підвищеної екологічної небезпеки, а за його межами – гранично допустимого рівня.

Інцидент – подія, випадок, що виникає у зв'язку чи у процесі роботи, яка може призвести або призвела до пошкодження (шкоди) довкіллю.

Збитки (втрати) – у виробничій і невиробничій сфері шкода довкіллю, заподіяна в результаті аварії, що обчислюється в грошовому еквіваленті.

Життєвий цикл – послідовні та взаємопов'язані стадії продуктивної системи, починаючи з придбання сировини чи її добування до остаточного використання та видалення з системи.

Скорочення

ЕНП	екологічна небезпечна подія	RMP	процес керування ризиками
АЗС	автозаправочна станція	PDCA	Цикл планує-дій-перевіряй-виконуй
ПРК	паливно-розливні колонки	LCA	Life Cycle Assessment

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Забруднення довкілля промисловими підприємствами або об'єктами, особливо ґрунтів, водойм, в точу числі і через поточні або аварійні викиди в атмосферу екологічно небезпечних речовин, потребує швидких конкретних кроків з їх відновлення. Отже, для успішної реалізації таких кроків може слугувати управління системою екологічного менеджменту, інтегрована до складу загальної системи управління промислового регіону. Зазначимо, що відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO 9001, ISO 14001, ISO 22000 та інших, система управління екологічною безпекою мусить забезпечити впровадження та досягнення комплексу цілей, а саме: організацію й планування, моніторинг стану та розподіл відповідальності, коригування та практичне виконання процедур й процесів, що потрібні для визначення відповідних ресурсів і функціонування організації. Проте для забезпечення результативності реалізації зазначених цілей загального (інтегрального) управління важливо розробити і запровадити процес вибору природоохоронних технологій, заснований на керуванні екологічними ризиками, яке представляє собою процес виявлення всіх загроз, викликів і небезпек, встановлення причинно-наслідкових зав'язків з обсягами втрат (збитків), встановлення шкал з оцінювання ймовірності і важкості настання небезпечних подій, визначення рівнів ризику та обґрунтування заходів і засобів для зниження тяжкості негативних наслідків небезпечних подій, потрібних для раціонального розподілу ресурсів, включаючи фінансові. Проте, у промислових регіонах недостатньо уваги приділяється вже існуючому досвіду побудови моделей з керування екологічними ризиками, що здатний забезпечити високу результативність вибору природоохоронних технологій. Зазначені моделі дозволяють досліджувати ланцюжок небезпека – небезпечна подія – тяжкість наслідків, виявляти вплив на ймовірність настання небезпечної події небезпечних чинників та небезпечних дій чи без дій працівників на будь-яких щаблях управління регіоном, що дозволяє виконати швидкий аналіз та оцінку великої кількості екологічних небезпечних чинників; можливість спостерігати за динамікою їх зміни, оцінки ризиків за простою універсальною шкалою, що пришвидшить прийняття управлінських рішень і їх реалізації.

Зв'язок роботи з науковими планами, програмами, темами та інтеграцію в науку.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до пріоритетного напрямку реформування системи управління екологічною безпекою в Україні, а саме:

- Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII, оскільки «впровадження системи управління екологічними ризиками в усіх сферах національної економіки сприятиме запобіганню катастроф техногенного та екологічного характеру»;
- Указу Президента України №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» в частині забезпечення реалізації вимоги щодо впровадження дієвої системи моніторингу реалізації Цілей сталого розвитку України;
- Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року в частині підвищення освітнього рівня та науково-методичного супроводу прийняття управлінських рішень щодо екологічних проблем та здійснення заходів з адаптації до зміни клімату;

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до пріоритетного напрямку науково-дослідної роботи «Підтримка пріоритетних напрямів наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок, наукова і науково-технічна діяльність закладів вищої освіти та наукових установ» з темою «Розробка екологобезпечних технологій відновлення техногенно деградованих територій в умовах повоєнної відбудови» (госпдоговір 2024–2026; номер держреєстрації 0124U000357), де працювала науковим співробітником.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідної роботи безоплатна наука 2024 – започаткована робота «Інноваційні технології захисту довкілля для забезпечення екологічної безпеки техногенно-навантажених регіонів (номер держреєстрації 0124U002506)

Мета і задачі дослідження

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологій забезпечення екологічної безпеки промислових регіонів на основі процесу керування екологічними ризиками з урахуванням впливу різних комбінацій небезпечних чинників.

Завдання по досягненню мети:

1. Розробити модель оцінювання екологічного ризику у промисловому регіоні, що ґрунтується на причинно-наслідковому зв'язку між екологічними аспектами (як джерелами небезпеки) та комплексним впливом небезпечних подій на довкілля.

2. Розробити процес раціонального вибору природоохоронних технологій для зниження екологічного ризику до прийнятного рівня з одночасною мінімізацією фінансових витрат на їх реалізацію.

3. Визначити залежність рівня загальних втрат організації від зниження екологічного ризику в промисловому регіоні, враховуючи взаємозв'язок між імовірністю небезпечної події та тяжкістю її наслідків, які формуються екологічними, соціальними та економічними чинниками.

4. Розробити модель оцінки результативності системи екологічної безпеки в промисловому регіоні на основі застосування збалансованої системи проактивних показників екологічної безпеки.

Об'єкт дослідження – забезпечення екологічної безпеки промислових регіонів.

Предмет дослідження – механізм вибору природоохоронних технологій на основі керування екологічними ризиками в системі екологічної безпеки промислових регіонів.

Основна ідея полягає в удосконаленні процесу вибору природоохоронних технологій на основі керування екологічними ризиками з урахуванням комплексної дії небезпечних чинників на рівень ризику, як на основі встановлення ймовірності настання небезпечної події, так і за рахунок визначення тривалості та інтенсивності дії екологічної небезпеки, що дозволяє підвищити результативність управлінських рішень щодо обрання захисних/запобіжних технологій довкілля.

Методи дослідження. Для побудови моделі оцінки екологічних ризиків використовувався метод "краватка-метелик", який дозволяє на основі причинно-наслідкового аналізу встановити зв'язку між екологічною небезпекою, екологічною небезпечною подією та наслідками. Для виявлення взаємозв'язку між можливостями і екологічними небезпеками в системах екологічного управління застосовано системний підхід, який дозволив визначити цілісну множину відношень між різними

елементами системи. Для дослідження нормативних документів був застосований формалізований контент-аналіз, що являє собою якісно-кількісний метод вивчення документів, що містить обробку тексту з подальшою інтерпретацією результатів. Для аналізу принципів оцінки екологічних ризиків був застосований метод морфологічного аналізу, що ґрунтується на підборі можливих рішень щодо особливостей формування локальних топологічних і метричних просторів. Для вирішення задачі з вибору раціональних запобіжних/захисних технологій щодо зниження екологічних ризиків застосовано декілька методів: системний аналіз для встановлення ключових пріоритетів зі зниження екологічних ризиків в умовах обмеження фінансових ресурсів, виходячи зі взаємозв'язку між кількістю захисних/запобіжних технологій, потрібних для зниження рівня ризику від екологічної небезпеки до прийнятного рівня, та сумарними витратами на їх реалізацію, а також математичний оптимізаційний метод цілочисельного лінійного програмування для пошуку раціонального (оптимального) вибору комплексу захисних/запобіжних технологій із забезпеченням максимальної ефективності сумарних витрат.

Наукова новизна полягає в удосконаленні системи управління екологічною безпекою промислових регіонів за рахунок виявлення закономірностей між кількістю захисних/запобіжних природоохоронних технологій, необхідних для зниження рівня екологічного ризику від екологічної небезпеки (небезпечних чинників) до прийнятного рівня, та витратами на їх реалізацію, що дозволяє обрати найбільш економічний варіант технології зменшення екологічних ризиків.

1. Вперше встановлена залежність величини екологічного ризику від добутку ймовірності настання екологічної небезпечної події, тривалості, інтенсивності викиду шкідливої речовини та ступеня її небезпечності, що ґрунтується на причинно-наслідковому зв'язку між екологічною небезпекою та комплексним впливом небезпечних екологічних чинників на довкілля.

2. Дістала подальшого розвитку залежність витрат на застосування раціональної кількості запобіжних технологій захисту довкілля для зменшення екологічного ризику на основі пошуку цільових функцій від обмежувальних умов, які впливають з чотирьохфакторної моделі ризику, при цьому встановлено, що

ефективність запровадження комплексу захисних/запобіжних технологій довкілля підвищиться до 21 %.

3. Дістали подальшого розвитку закономірності керування екологічними ризиками з комплексними екологічними, соціальними і економічними наслідками, які в сукупності визначають зону неприйнятного екологічного ризику, що дозволяє оцінити кумулятивний негативний ефект взаємодії різних небезпечних екологічних чинників.

Практична користь одержаних результатів:

1. Розроблено 11-кроковий процес керування ризиками, який базується на моделі причинно-наслідкового взаємозв'язку між небезпекою і комплексною небезпечною екологічною подією, ймовірність настання якої визначається через комбінований вплив різних груп небезпечних чинників, а тяжкість наслідків розраховується як добуток тривалості, інтенсивності викиду шкідливої речовини викиду та ступеня її небезпечності.

2. Розроблено математичну модель цілочисельного лінійного програмування для визначення раціональної кількості захисних/запобіжних технологій захисту довкілля для зменшення екологічного ризику із сукупності альтернативних, на основі пошуку цільових функцій та обмежувальних умов, які впливають з чотирьох факторної моделі ризику.

3. Розроблена модель керування екологічними ризиками з комплексними екологічними, соціальними і економічними наслідками, що визначаються за допомогою діаграми Ейлера-Венна для оцінювання кумулятивного негативного ефекту взаємодії різних небезпечних екологічних чинників, що окреслюють зону неприйнятного екологічного ризику.

4. Розроблено ієрархію запобіжних/захисних технологій усунення екологічних небезпек та ризиків для довкілля на основі матриці Хеддона, що відображає взаємозв'язок між технологічними підходами на різних фазах розвитку екологічної небезпечної події.

Теоретичні та практичні результати дисертаційного дослідження впроваджені у навчальний процес з вдосконалення професійних навичок і поглиблення знань з екологічної безпеки промислових регіонів, що включали

проведення навчання, тренінгів, інструктажів спрямованих на формування та розвиток екологічної свідомості, культури екологічної безпеки. Також були проведені вебінари з обговорення результатів дослідження з особливостей оцінювання екологічних ризиків в інтегрованих системах управління на платформі науково-виробничого журналу «Охорона праці».

Розроблені методичні матеріали під назвою «Керування екологічними ризиками в системах екологічної безпеки промислового регіону» були призначені для здобувачів другого рівня вищої освіти за спеціальностями G2 «Технології захисту навколишнього середовища» та K10 «Цивільна безпека». Вони використовувалися при підготовці навчального курсу з дисципліни «Екологічна та техногенна безпека» у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка», який здійснює підготовку та професійний розвиток у сфері технологій захисту навколишнього середовища. Запропонований підхід до управління екологічними ризиками був також інтегрований у систему внутрішнього контролю якості системи екологічної безпеки компанії «Стандарт Капітал Інвест».

Крім того, матеріали дисертаційної роботи були застосовані під час реалізації корпоративних програм із поліпшення рівня культури екологічної безпеки та екологічної свідомості на промислових підприємствах, що входять до складу нафтогазового комплексу України. Зокрема, процеси оцінювання рівня екологічного ризику були апробовані у виробничих умовах (лист ТОВ «Експерт Петролеум Україна» №15102024-01 від 15.10.2024 р.).

Розроблений підхід до управління екологічними ризиками було включено до системи внутрішнього аудиту контролю якості системи екологічної безпеки промислових регіонів, що сприяє подальшому удосконаленню та забезпеченню відповідності екологічної безпеки на підприємствах.

Обґрунтування і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено завдяки коректної постановки дослідження, вирішення задач з використанням сучасного комп'ютерного програмного забезпечення, а також підтверджується результатами ефективного застосування розроблених методик з керування екологічними ризиками на промислових підприємствах, порівняння і

узгодження результатів статистичних досліджень з оцінки ризику та вибору раціональних запобіжних заходів.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою: усі рекомендації, наукові положення та висновки, які висловлено автором та винесено на захист, отримано, узагальнено і оформлено здобувачем самостійно.

Внесок здобувача в опубліковані у співавторстві роботи [1–6] полягає у:

- визначені взаємозв'язку між ймовірністю настання небезпечної події та тяжкістю між різними видами наслідків: екологічних, економічних та соціальних небезпек через аналіз діаграм Ейлера-Венна [1];
- встановлені відповідності існуючих принципів з керування ризиками за стандартом ISO 31000:2018 та принципів розбудови Індустрії 5.0, що дозволило вдосконалити етап оцінювання ризику, за рахунок визначення впливу різних небезпечних чинників на основні складові здоров'я людини [2];
- виявленні взаємозв'язки між групами різних небезпечних чинників, які впливають на окупність проекту із застосування електричного пасажирського транспорту з нульовими викидами, що дозволяє в подальшому оцінити екологічні можливості організацій [3];
- визначені взаємозв'язки між екологічним аспектом – джерела небезпеки (джерела можливості) і небезпечної екологічної події (несприятливої екологічної події) [4];
- розробка принципу побудови процесу керування ризиками в інтегрованих системах управління на основі взаємозв'язку між можливостями і небезпеками [5];
- опис залежностей між кількістю захисних/запобіжних заходів для зниження рівня ризику від екологічної небезпеки до прийнятного рівня та витратами на їх реалізацію, що дозволяє обрати найбільш раціональний (оптимальний) варіант, виходячи із умов максимізації зниження рівня ризику при мінімізації витрат [6].

Апробація результатів роботи. Основні положення за результатами дисертаційної роботи доповідалися на наукових конференціях:

- V Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні проблеми та перспективи розвитку охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту» 4 – 5 травня 2023 року, м. Одеса, Україна;

- Міжнародна науково-технічна конференція “Розвиток промисловості та суспільства” 24-26.05. 2023 року, м. Кривий ріг, Україна;
- XIV Міжнародна науково-технічна конференція аспірантів та молодих вчених «Наукова весна» 2024, Дніпро, 27–29 березня 2024 року, м. Дніпро, Україна;
- Міжнародна науково-методична конференція «Захист населення, територій та об'єктів критичної інфраструктури – освіта, наука, практика» 23 - 24 травня 2024 року, НАУ, Київ, Україна, Лечче, Італія;
- II Міжнародна науково-практична конференція «Безпечна, комфортна, спроможна, територіальна громада», 16-18 жовтня 2024 року, м. Дніпро, Україна;
- XVII міжнародна науково-практична конференція Української школи гірничої інженерії «Комплексний видобуток мінеральної сировини при впровадженні інноваційних технологій переробки відходів у контексті сталого розвитку та ESG-стратегії», 30 вересня по 05 жовтня 2024 року, м. Східниця, Україна;
- XII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодь: наука та інновації», 13-15 листопада 2024 року, м. Дніпро Україна;
- XV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених «Наукова весна» 2025, Дніпро, 26-28 березня 2025 року, м. Дніпро, Україна.
- XVIII Міжнародна науково-практична конференція Української школи гірничої інженерії, 2025 року, м. Східниця, Україна.

Публікації. Усього за результатами дисертаційних досліджень опубліковано 15 наукових праць (у міжнародному журналі з високим індексом цитування – 3, фахових журналах – 4, тезах наукових конференцій – 8).

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку літератури (184). Загальний обсяг дисертації – 189 сторінка, у тому 3 додатки; 151 сторінка, в тому числі 43 рисунків та 43 таблиці.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ З ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1.1. Концепція сталої екологічної безпеки як основа розвитку промислового регіону

Поняття «стала (стійка) екологічна безпека» є багатозначним і не має чіткого, загальновизнаного визначення в науковому співтоваристві. Як наслідок, у науковій літературі існують численні тлумачення схожих термінів. Наприклад, вона передбачає цінність працівників, які активно залучаються до процесу керування ризику, прийняття рішень, щодо запобіжних заходів, подання позитивних прикладів, створення політики, практик і процедур для швидкої адаптації до потреб безпеки на робочих місцях [1]. Також існує тлумачення, що стала промислова безпека, на відміну від звичайної, передбачає цілісний підхід, який стосується збереження ресурсів, енергоефективності, управління відходами та інтеграції будь-яких здорових ініціатив у протоколи безпеки [2]. Разом з тим, сталу безпеку визначають як стабільну, надійну безпеку, що означає відсутність загроз для життя, здоров'я, добробуту та інших важливих інтересів, і коли існують гарантії захисту від небезпек. Останні забезпечуються запровадженням корегувальних технологій із запобігання та/або зменшення впливу на ймовірність настання небезпечної події різних небезпечних екологічних чинників [3].

Стала екологічна безпека в антропогенній діяльності має значно більше ознак у порівнянні з існуючими тлумаченнями і потребує відповідного уточнення. Це дозволить розширити світогляд сприйняття безпеки як ефективності управління з мінімальним обсягом правил, що сконцентровані на розробці відповідного інструментарію для результативного керування промисловими об'єктами різного виду господарювання, головним атрибутом, якого є ризик. Також, представивши, що стала безпека витікає із концепції

сталого розвитку (рис. 1.1), як здатність протистояти загрозам, як внутрішнім, так і зовнішнім, без шкоди для майбутніх поколінь.



Рис. 1.1 - Модель концепції сталого розвитку [4]

До речі стандарти серії ISO для побудови систем управління є одним із механізмів впровадження концепції сталого розвитку та створення основи сталої безпеки через об'єднання трьох основних складників: екологічного, економічного та соціального (рис. 1.2).



Рис. 1.2 - Стандарти ISO систем управління і складові концепції сталого розвитку [5]

Термін «стала екологічна безпека» визначеного на основі тлумачення кожного слова. Сталий означає, що певний процес не припиняється, не

переривається і є постійним [6]. Інше тлумачення вказує, що сталий означає стійкий, витривалий, непохитний, який надійно забезпечує існування, розвиток, створення сприятливих умов для його зростання [7]. У стандарті ISO 9000:2015 існує термін «сталий успіх», що визначається як успіх протягом певного періоду часу. При цьому він забезпечується за рахунок балансу між економічно-фінансовими інтересами організації та інтересами соціального та екологічного середовища.

Цікаво, що слово «сталий» відсутнє при визначенні екологічної безпеки, але у її визначенні проглядається його сутність. Так, за ДСТУ 7738:2015, екологічною безпекою є сукупність певних властивостей навколишнього середовища, його умов, створюваних цілеспрямованою діяльністю людини, за яких, з урахуванням економічних та соціальних чинників і науково обґрунтованих припустимих навантажень на об'єкти біосфери, утримується мінімально можливі рівні ризику антропогенного впливу на довкілля й негативних наслідків, що відбуваються в ньому; забезпечується сталість екосистеми, збереження життя і здоров'я та нормальні умови життєдіяльності людини. Схожий висновок можна зробити, аналізуючи визначення терміну «економічної безпеки», – здатність економіки до стійкості та захищеності від загроз з метою задоволення рівня потреб населення і держави; чинити опір дестабілізаційній дії чинників, які створюють загрозу стійкому, стабільному розвитку країни; гарантія конкурентоспроможності національної економіки у світовій системі господарювання. Звертаючись до ДСТУ 2293:2014 бачимо, що безпеку праці теж визначають як захищеність трудової діяльності людини від перевищеного прийняттого ризику.

Зважаючи на зібрані дані з різних офіційних джерел, можна зробити проміжний висновок, що стала екологічна безпека представляє собою захищеність антропогенної діяльності від дії будь-яких зовнішніх і внутрішніх загроз та небезпечних чинників на основі постійної готовності до потенційних майбутніх криз, з корегуванням невідповідностей через непохитний розвиток технологій захисту довкілля на основі керування ризиками і можливостями.

Зроблене визначення потребує ввести ієрархію складових сталої безпеки та їх визначення (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Ієрархія складових сталої екологічної безпеки

Для забезпечення екологічної безпеки антропогенної діяльності, тобто захищеності довкілля, людини та природних систем від дії небезпечних природних і техногенних чинників, виникає необхідність формування відповідних екологічних вимог безпеки. Такі вимоги визначають суттєві, необхідні або бажані характеристики процесів, технологій і продуктів щодо їхнього впливу на стан компонентів довкілля. Екологічна вимога спрямована на зниження рівня екологічного ризику – імовірності виникнення або розвитку екологічно небезпечної події – до прийнятного рівня шляхом запровадження дієвих технологічних, інженерних чи адміністративних рішень.

Наявність чітко визначених екологічних вимог дозволяє встановити безпечні умови функціонування техногенних об'єктів, своєчасно виявляти екологічно небезпечні відхилення, запобігати порушенню природної рівноваги та мінімізувати наслідки потенційних аварій чи забруднень. Знання і виконання цих вимог формує у фахівців компетентну екологічну безпеку – стан готовності діяти на основі екологічної свідомості, знань і досвіду для запобігання шкоди довкіл्लю

[8]. Загалом цей процес можна охарактеризувати, як компетентну екологічну безпеку. Компетентна означає, що працівники мають необхідні знання, кваліфікацію та практичний досвід для безпечного, ефективного виконання конкретного виробничого завдання. Захищеність господарської діяльності від дії будь-яких зовнішніх і внутрішніх загроз та небезпечних чинників на основі постійної готовності до потенційних майбутніх криз потребує організації відповідного нагляду за виконанням встановлених вимог до безпеки. Нагляд характеризується як система тимчасових примусових профілактичних заходів спостереження за виконанням вимог. Однією з важливих цілей нагляду є визначення причин невідповідностей [9].

Захищеність довкілля від антропогенної діяльності на основі постійної готовності до потенційних майбутніх криз потребує від системи управління регіоном відповідного нагляду за виконанням встановлених вимог. Однією з важливих цілей нагляду є визначення причин невідповідностей [10]. Звідси можна сформулювати наступну складову сталої екологічної безпеки, як наглядову, яка направлена на виконання суб'єктами господарювання взятих зобов'язань (вимог). Для її реалізації проводяться відповідні перевірки, спостереження, моніторинг за виробничою діяльністю, функціонуванням технології та інше.

Готовність до потенційних майбутніх криз, з корегуванням невідповідностей передбачає запровадження системи коригувальних дій. Вони визначаються як процес усунення причин невідповідності та запобігання її повторному їх виникненню. Звідси виникає розуміння корегувальної безпеки, яка направлена на реагування на невідповідності і корегувальні дії для зниження ризиків до прийнятного рівня [11].

Непохитний розвиток технологій захисту довкілля, дієвість яких визначається на основі керування екологічними ризиками і можливостями, передбачає формування запобіжної безпеки через застосування відповідних моделей передбачення та аналізу наслідків різних сценаріїв розвитку можливих екологічно небезпечних подій. Запобіжний означає випереджувальний, тобто той що не дозволяє проявитись негативним діям. Запобіжна безпека означає

створення такої системи управління в регіоні чи організації, яка дозволяє завчасно передбачити розвиток негативних сценаріїв і застосування відповідних технологій, направлених на унеможливлення їх прояву [12].

Звідси стала екологічна безпека представляє собою поєднання компетентної, наглядової, коригувальної і запобіжної складових безпеки в основі, яких знаходиться концепція циклу Шухарта-Демінга “Plan-Do-Check-Action” (PDCA) (рис. 1.4), оскільки забезпечує реалізацію повторюваних процесів. При цьому кожна складова передбачає певні управлінські дії. На стадії компетентної безпеки відбувається формування вимог до безпеки. На стадії наглядової екологічної безпеки – до формування вимог додається нагляду за виконанням вимог. На стадії коригувальної екологічної безпеки – до перших двох доється третя: реагування на невідповідності. І на стадії запобіжної безпеки – додаються запобіжні дії для зниження ризиків.



Рис. 1.4. Складові сталої безпеки в структурі систем управління згідно стандартів ISO

Зазначений підхід можна застосовувати до будь-яких систем управління як загалом, так і до кожного окремого елемента системи, що дозволяє чітко

реалізувати поставлені задачі. Так, формування вимог з екологічної безпеки потребує постійного аналізу досягнення поставленої мети, яка може змінюватись через потребу трансформації до нового середовища, пошуку відмінних шляхів розвитку організації, необхідності розширення зацікавлених сторін та інше. Звідси, застосування циклу PDCA дозволяє повертатись до вдосконалення планів, цілей, стратегій, які дозволяють забезпечити відповідний рівень екологічної безпеки. Застосування системного підходу до наглядової екологічної безпеки, перш за все, дозволяє встановити взаємозв'язок між вимогами рівнем їх виконання, через призму цілісної системи управління організацією. На етапі «планування» наглядової діяльності, відбувається аналіз вимог для встановлення «глибини» їх впливу на досягнення поставленої мети. Тоді як на етапі «виконання» - виявляємо ступінь ґрунтовності опрацювання (охоплення), що дозволяє на наступному етапі циклу PDCA – коригування – вносити необхідні правки, як до вимог, так і до нагляду. На рівні корегувальної екологічної безпеки цикл PDCA дозволяє не тільки своєчасно реагувати на виявлені невідповідності чи загрози, а й приймати відповідні рішення щодо доцільності зниження ризиків чи відмови або передачі ризиків іншим сторонам. Зазначимо, що до корегувальної екологічної безпеки також можна застосувати цикл PDCA (рис. 1.5).

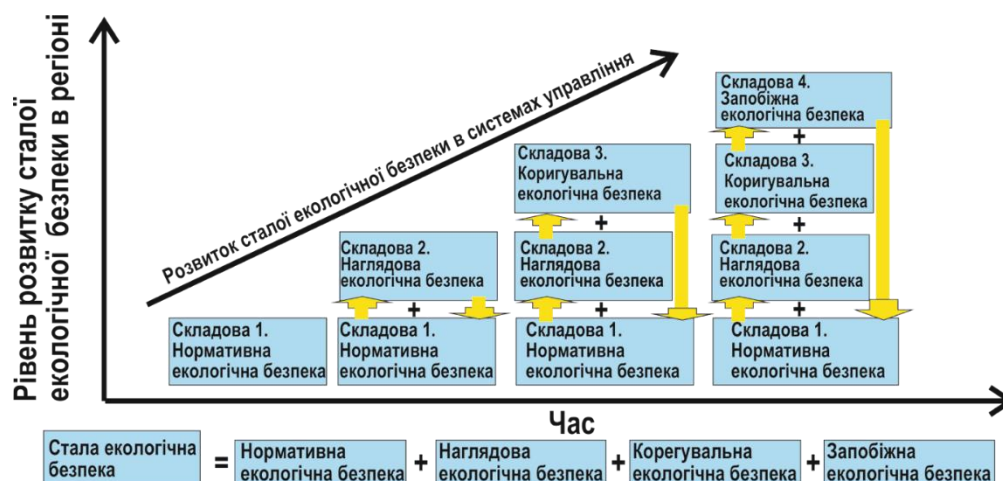


Рис. 1.5. Залежність рівня зменшення втрат в системах управління організацією від запровадження складових сталої екологічної безпеки

Так, на етапі «планування» складається план з виявлення помилок на основі відомих методів, практик чи моделей, які після відпрацювання циклу, можна скоригувати, виходячи з аналізу результативності чи дієвості отриманого результату. Звісно, коригувальна екологічна безпека передбачає можливість внесення відповідних корекцій (правок) і на складовій формування вимог і під час нагляду за виконанням вимог.

Найбільш дієвою є запобіжна безпека, оскільки превентивні дії – процес виявлення, передбачення та зменшення потенційних ризиків, призводять до уникнення небезпечних подій та відповідних втрат [13]. Запобіжні дії спрямовані на зменшення ймовірності виникнення небезпечної події, за рахунок застосування відповідних моделей, які дозволяють спрогнозувати розвиток можливих сценаріїв події. Для оцінки внеску кожної складової в рівень сталої безпеки пропонується провести бальне оцінювання (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Бали по кожній складовій сталої екологічної безпеки

Формування (визначення) вимог до безпеки	Наглядова безпека	Коригувальна безпека	Запобіжна безпека	Стала безпека
1-10 балів	11-20 балів	21-30 балів	31-40 балів	64-100 балів

Приймаючи за основу забезпечення сталої безпеки за 100 %, проведемо розподіл між складовими на основі прояву впливу на величину зменшення збитків від застосування заходів передбаченою конкретною складовою. Розуміння сталої безпеки передбачає дбайливе управління будь-якими ресурсами в організації з метою створення умов для її успішності. Втім еволюція виробничих технологій та зростаючих викликів і загроз вимагає застосування парадигми постійного вдосконалення.

Проте традиційні підходи, які базуються на чіткому дотриманні визначених правил, регламентів та інструкцій не дозволяють забезпечити своєчасність реагування на нові зміни. Це призводить до необхідності появи нових практик у безпеці, які базуються на проактивних і превентивних підходах [14]. Зручно згадані підходи реалізувати на основі циклу PDCA, оскільки він передбачає системність дій на основі системотворчого чинника – сталості безпеки. В даному

контексті стала безпека виступає, як основа для розробки систем управління організацією. Зокрема системи управління екологічною безпекою, як однією зі складових інтегрованої системи управління, що корегує розвиток організації через чотири складові:

- формування вимог,
- нагляду за їх виконанням;
- проведення корегувальних дій для усунення невідповідності;
- запровадження запобіжних заходів, які здатні забезпечити відповідність

системи мінливим вимогам та новим викликам і загрозам.

Цікаво, що в організації може скластися ситуація, коли проявляються певні комбінації зазначених складових (рис. 1.6). Загалом можна визначити чотири основних попарних поєднання: формування вимог і застосування нагляду; формування вимог та реагування на інциденти, формування вимог та запобіжні дії. Також існує три поєднання трьох складових: формування вимог, застосування нагляду і коригуючих дій, формування вимог нагляду і запобіжний дій, а також формування вимог, коригуючих та запобіжних дій (табл. .1.2).

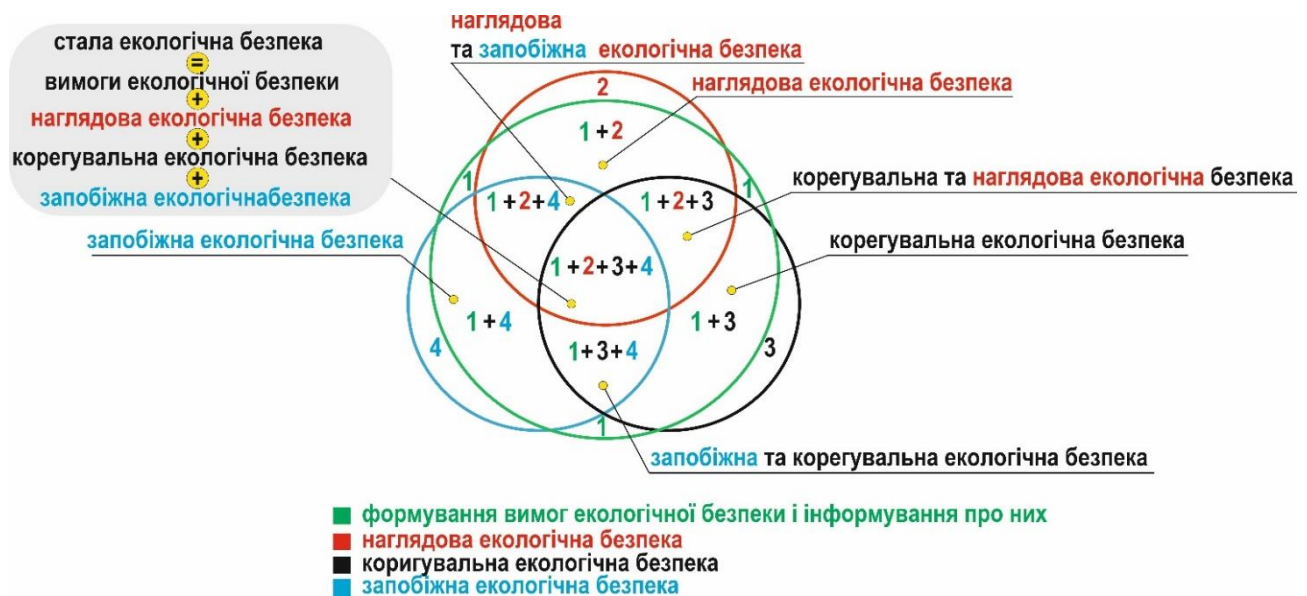


Рис. 1.6. Визначення можливих комбінацій між складовими сталої екологічної безпеки (комбінації тільки враховуються з першою складовою інші виключаються так, як формування вимог завжди повинно бути в системі управління)

Зазначені складові сталої безпеки формують цілісний підхід, який об'єднує зусилля людей, процеси та технології для створення умов, які забезпечують уникнення небезпечних подій, протидії загрозам та швидкого відновлення після їх впливу.

Таблиця 1.2. Можливі комбінації складових сталої екологічної безпеки

Можлива комбінація	Бали	Опис комбінації
1	10	Нормативна екологічна безпека. Формування вимог до екологічної безпеки на основі аналізу нормативно-правових актів, екологічних стандартів, цілей сталого розвитку та очікувань зацікавлених сторін.
2	20	Наглядова екологічна безпека. Наявність інструментів екологічного нагляду і контролю за дотриманням екологічних регламентів, умов викидів в атмосферу, скидів у водні об'єкти та поводження з відходами.
3	30	Корегувальна екологічна безпека. Наявність відповідної кількості коригувальних дій, спрямованих на ліквідацію порушень у сфері охорони довкілля (викиди, скиди, витоки, несанкціоновані відходи).
1+2	11-30	Нормативна і наглядова екологічна безпека. Формування вимог до екологічної безпеки у поєднанні з екологічним наглядом і контролем за дотриманням екологічних регламентів, умов викидів в атмосферу, скидів у водні об'єкти та поводженням з відходами.
4	40	Запобіжна екологічна безпека. Наявність реально застосованих обґрунтованих і дієвих запобіжних технологій, які обираються на основі керування екологічними ризиками.
1+3	31-40	Нормативна і корегувальна екологічна безпека. Формування вимог до екологічної безпеки у поєднанні з коригувальними діями, спрямованими на ліквідацію порушень у сфері охорони довкілля.
1+4	41-50	Нормативна і запобіжна екологічна безпека. Формування вимог до екологічної безпеки на основі у поєднанні із обґрунтуванням запобіжних і захисних технологій, спрямованими на профілактику (недопущення) порушень стану довкілля.
2+3	31 - 50	Наглядова і корегувальна екологічна безпека. Поєднання інструментів екологічного нагляду і контролю за дотриманням екологічних регламентів з відповідними коригувальними діями для усунення кореневих причин невідповідностей.
1+2+3	31-60	Нормативна, наглядова і корегувальна екологічна безпека. Формування екологічних вимог і системний нагляд за станом природного середовища доповнюються коригувальними діями з виправлення встановлених причин невідповідностей.
2+4	41 - 60	Наглядова і запобіжна екологічна безпека. Поєднання інструментів екологічного нагляду і контролю за дотриманням екологічних регламентів з відповідними управлінськими рішеннями для обґрунтування захисних/запобіжних технологій з метою профілактики забруднення довкілля.

Продовження таблиця 1.2.

3+4	31 - 70	Корегувальна і запобіжна екологічна безпека. Поєднання коригувальних дій з усунення кореневих причин невідповідності з відповідними управлінськими рішеннями для обґрунтування захисних/запобіжних технологій з метою профілактики забруднення довкілля.
1+2+4	41- 70	Нормативна, наглядова і запобіжна екологічна безпека. Формування вимог, екологічний нагляд та запобіжні дії реалізуються у рамках єдиного процесу управління ризиками, що включає моніторинг довкілля, раннє виявлення потенційних відхилень та запобігання розвитку негативних сценаріїв.
1+3+4	41- 80	Нормативна, корегувальна і запобіжна екологічна безпека. Формування екологічних вимог поєднуються з коригувальними та запобіжними заходами, які базуються на результатах оцінювання екологічних ризиків і прогнозування наслідків техногенних подій.
2+3+4	41 - 90	Наглядова, корегувальна і запобіжна екологічна безпека. Поєднання екологічного нагляду, коригувальних та запобіжних дій, в рамках єдиного процесу управління ризиками для раннього виявлення розвитку негативних сценаріїв забруднення довкілля.
1+2+3+4	41- 100	Комплексна модель сталої екологічної безпеки, що охоплює формування вимог, екологічний нагляд, коригувальні та запобіжні дії. Система базується на прогнозуванні екологічних ризиків, оцінюванні сценаріїв розвитку подій і реалізації адаптивних заходів управління впливами на довкілля.

1.2. Аналіз вимог до процесу керування ризиками з урахуванням принципів сталої екологічної безпеки

Перелік основних принципів сталої екологічної безпеки наведені в табл. 1.3. Вони сформовані відповідно до принципів сталого розвитку, Індустрії 5,0 та Національної безпеки. Так до основних принципів сталого розвитку відносять збалансований розвиток, раціональне використання ресурсів, відповідальність перед майбутніми поколіннями, взаємозалежність, різноманітність, невизначеність [15]. Тоді, як до основних принципів Індустрії 5,0 відносять стійкість, сталість та людиноцентризм [16]. Принципи національної безпеки включають пріоритет прав і свобод людини і громадянина; верховенство права [17]. Їх аналіз дозволяє охарактеризувати принципи сталої безпеки, як забезпечення безпеки організації в режимі реального часу з урахуванням впливу мінливих зовнішніх умов. Це потребує створення здатності забезпечити процеси

керування ризиками в будь-яких системах управління на основі прогнозування та запобігання несприятливих наслідків відповідно до принципу невизначеності (у табл. 1.2 –принцип 1, ризик-орієнтований).

Таблиця 1.3. Зміст принципів сталої екологічної безпеки

Принцип	Зміст принципу
Принцип 1 Ризик-орієнтованості	забезпечення процедур управління ризиками в рамках систем менеджменту, яка ґрунтується на прогнозуванні потенційних загроз та превентивному відверненні негативних впливів на організацію.
Принцип 2 Різноманітності	Спроможність у динамічному режимі реального часу акумулювати та здійснювати аналітичну обробку даних, які є невід'ємними для конструювання віртуального середовища.
Принцип 3 Відповідальності	Спроможність до ефективної адаптації щодо внутрішніх та зовнішніх трансформацій, яка забезпечує оперативне розроблення та імплементацію новітніх програмних рішень.
Принцип 4 Гнучкості	Здатність до самостійної розробки та імплементації управлінських рішень шляхом створення високоточних віртуальних моделей або цифрових двійників (digital twins) фізичних об'єктів і виробничих процесів.
Принцип 5 Стійкості	Стратегічна адаптивність суб'єкта до ініціювання конструктивних трансформацій шляхом імплементації інноваційних технологічних рішень та інструментів предикативної аналітики.
Принцип 6 Людиноцентричності	«Методологічна спроможність здійснювати комплексний моніторинг ефективності систем, де пріоритетними критеріями виступають показники суспільного добробуту, життєстійкості та сталого розвитку в межах антропометричної парадигми захисту фундаментальних прав і свобод та верховенства прав.

Крім того, потрібна здатність в режимі реального часу збирати та аналізувати дані, які необхідні для створення безпечного середовища – принцип 2, різноманітність. Також необхідно забезпечити здатність успішно адаптуватися до внутрішніх та зовнішніх змін, що дозволяє швидко створення та розгортання нових програм – принцип 3, відповідальності. Звідси витікає необхідність у прийнятті та реалізації рішення на основі створення віртуальних моделей або цифрових двійників фізичних актів і процесів незалежно від людини – принцип 4, гнучкості чи сталості, а також здатності легко адаптуватися для створення позитивних змін на основі передових технологій та аналітики – принцип 5, стійкості. Пріоритет прав і свобод людини і громадянина; верховенство права можна забезпечити принципом 6, людиноцентричності.

Урахування зазначених принципів зумовлює необхідність реалізації низки стратегічних завдань. По-перше, актуалізується запит на підготовку висококваліфікованого персоналу, що володіє когнітивними навичками, що дозволяє краще розуміти довкілля та ефективніше в ньому діяти (причинно-наслідкові) залежності у складних динамічних системах. Це передбачає широке застосування інструментарію штучного інтелекту як базису для прийняття валідованих (перевірених) управлінських рішень. По-друге, критичного значення набуває розробка інноваційних превентивних та захисних механізмів зміцнення екологічної безпеки [18, 19].

Наступним завданням є аналіз принципів керування ризиками, відповідно до їх змісту, які наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Зміст принципів керування ризиками (за стандартом ISO 31000:2018)

Принцип	Зміст принципу
Принцип 1. Інтегрування при управлінні ризиками	Архітектура управління ризиками потребує наскрізної імплементації в загальну систему менеджменту та процеси прийняття управлінських рішень, незалежно від ступеня формалізації та документування організаційних процедур. Управління ризиками має виступати іманентною (невід’ємною) складовою будь-якої активності, що потенційно генерує загрози або можливості для організації.
Принцип 2. Структурування та всеосяжності ризику	Застосування уніфікованого підходу до ризик-менеджменту в управлінському циклі забезпечує операційну ефективність та сприяє формуванню атмосфери інституційної довіри. Це досягається шляхом впровадження методологічного інструментарію, що базується на релевантних та стабільних критеріях оцінки, які корелюють зі стратегічними цілями та специфікою діяльності суб’єкта господарювання.
Принцип 3. Адаптування	Ефективність системи менеджменту ризиків детермінується її відповідністю індивідуальним параметрам організації. Це зумовлює необхідність ґрунтовного аналізу мультифакторного впливу, зокрема масштабів діяльності, корпоративної культури, галузевої належності, організаційної конфігурації та домінуючої управлінської парадигми.
Принцип 4. Інклюзивний	Підвищення верифікованості та достовірності результатів менеджменту ризиків потребує активного залучення стейкхолдерів (зацікавлених сторін) до процесів консультування та інформаційного обміну. Такий інклюзивний підхід забезпечує багатогранний розгляд критичних аспектів безпеки, конфіденційності та етичних вимірів приватного життя.
Принцип 5. Динамічний	Процедури управління ризиками повинні бути адаптовані до темпів трансформаційних змін в організації. Забезпечення стабільної результативності потребує систематичного аудиту та ревізії методологічної бази для оперативного реагування на волатильність (мінливість) зовнішнього та внутрішнього середовища.
Принцип 6. Своєчасної інформативності	Надійність оцінювання ризикового профілю безпосередньо корелює з якістю та прецизійністю (точністю) встановлених критеріїв. Акумуляція та аналіз актуальних масивів даних створюють підґрунтя для високоточного статистичного прогнозування та ідентифікації латентних загроз.

Продовження таблиця 1.4.

Принцип 7. Людиноцентричності,	Ризик-орієнтований підхід має враховувати суб'єктивні когнітивні моделі та експектації (очікування) зацікавлених осіб. Важливо усвідомлювати, що сприйняття ризиків формується під потужним впливом соціальних, культурних та аксіологічних характеристик конкретного середовища.
Принцип 8. Постійного удосконалення (поліпшення)	Вдосконалення процесів менеджменту, що базується на обґрунтованій оцінці ризиків, сприяє нівелюванню факторів невизначеності, мінімізації процесної варіативності та суттєвому зростанню адаптаційного потенціалу організації на шляху до досягнення стратегічних пріоритетів.

Аналіз наведених у табл. 1.4 принципів, показує, що дієвість процесу керування ризиками залежить від [20]:

- інтеграцією, коли управління екологічними ризиками є невід'ємною складовою частиною діяльності організації;
- застосуванням структурованого і системного підходу, що сприяє досягненню узгоджених і порівнюваних результатів з вибору відповідних захисних технологій;
- адаптивністю, яка передбачає відповідне співвідношення між структурою та процесами управління екологічними ризиками відповідно до зовнішнього та внутрішнього середовища організації, враховуючи її цілі та завдання;
- інклюзивністю, тобто своєчасним залученням зацікавлених сторін для врахування їхніх різних поглядів і думок щодо поточної ситуації із застосування природоохоронних технологій;
- динамічністю, що вимагає оперативної реакції на зміни екологічних ризиків у залежності від зовнішніх і внутрішніх факторів в промисловому регіоні;
- своєчасною інформативністю, яка базується на швидкому та достовірному інформуванні для прогнозування розвитку ситуації;
- людиноцентричністю, коли в управлінській системі основну увагу приділяють людині та її безпеці;
- постійним удосконаленням, спрямованим на покращення процесів управління екологічними ризиками.

Фундаментальне завдання управління екологічними ризиками полягає в оптимізації розподілу ресурсного потенціалу організації та забезпеченні валідності управлінських рішень для досягнення стратегічних цілей за умови мінімізації матеріальних витрат [21]. Імплементация окреслених принципів детермінує формування моделі сталої безпеки, що ґрунтується на здатності системи до адаптації в умовах високої турбулентності зовнішнього середовища. Проактивна парадигма вирішення латентних проблем забезпечує оперативність досягнення цільових показників, водночас розбудова архітектури превентивного контролю за активами сприяє експрес-впровадженню заходів із нівелювання ризиків. Результати компаративного аналізу засад ризик-менеджменту та концепції сталої безпеки підтверджують їхню синергетичну когерентність, що обґрунтовує необхідність врахування цієї взаємозалежності під час проєктування систем управління ризиками в організаціях (табл. 1.5).

Таблиця 1.5. Аналіз доповнення принципів керування ризиками

Принципи керування ризиками	Принципи сталої безпеки	В чому полягає відповідність
Принцип 1. Інтегрування управління ризиками	Принцип 1 Ризик-орієнтованості	Здатність організації формувати та реалізовувати управлінські рішення на засадах ризик-орієнтованого підходу, що передбачає використання інструментів управління екологічними ризиками, які є гнучкими, легко інтегруються в існуючі системи управління, підлягають модифікації та масштабуванню відповідно до стратегічних планів розвитку.
Принцип 2. Структурування та всеосяжності ризику	Принцип 1 Ризик-орієнтованості	Забезпечення ефективного функціонування процесів управління екологічними ризиками з метою прогнозування розвитку ситуацій з урахуванням внутрішніх та зовнішніх факторів невизначеності, що впливають на діяльність організацій в регіоні.
Принцип 3. Адаптованості	Принцип 4 Гнучкості	Спроможність приймати та впроваджувати обґрунтовані управлінські рішення на основі віртуальних моделей та цифрових двійників фізичних активів та виробничих процесів, що дає змогу здійснювати імітаційне моделювання, оцінювати альтернативні сценарії та мінімізувати потенційні загрози.

Продовження таблиця 1.5.

Принцип 4. Інклюзивний	Принцип 4 Гнучкості	Здатність промислового регіону до оперативної адаптації до змін у внутрішньому та зовнішньому середовищі, зокрема шляхом використання інтелектуальних аналітичних інструментів та прогнозних моделей, що до розвитку можливих негативних подій.
Принцип 5. Динамічний	Принцип 3 Відповідальність	Здатність успішно пристосовуватися до внутрішніх та зовнішніх змін, які виникають під дією соціальних викликів, економічних загроз, екологічного навантаження.
Принцип 6. Заснований на найкращій доступній інформації	Принцип 2 Різноманітність.	Здатність в режимі реального часу збирати та аналізувати дані, які необхідні для створення віртуального робочого середовища різних виробництв для доопрацювання прогнозних моделей із можливого екологічного забруднення
Принцип 7. Що враховує людські та культурні чинники	Принцип 6 Людиноцентричності	Здатність вираховування різних поглядів і думок на поточну ситуацію для створення умов комфортного і безпечного існування на визначеній території.
Принцип 8. Постійного удосконалення (поліпшення)	Принцип 5 Стійкості	Спроможність до проектування та впровадження концепції Industry 5.0, яка характеризується високим рівнем адаптивності та орієнтацією на створення екологічно безпечних регіонів.

Крім того, принцип інтегрування екологічних ризиків сприяє забезпеченню модульності проектування систем і процесів в промислових регіонах. Виявлено, що при управлінні екологічними ризиками відсутні такі принципи, як відповідальність та стійкість, що вимагає розробки додаткових заходів (рис. 1.7). В результаті, удосконалений процес управління екологічними ризиками передбачає на етапі обміну інформацією створення моделей навколишнього середовища, які допомагають виявити різні екологічні небезпеки і небезпечні чинники.



Рис. 1.7. Взаємозв'язок між принципами керування ризиками і сталою безпекою при вдосконаленні процесу керування ризиками [22]

На другому етапі процесу управління екологічними ризиками здійснюється виявлення впливу різних додаткових загроз, які здатні збільшити негативні наслідки для промислового регіону. Це передбачає також проведення аналізу причинно-наслідкових зв'язків між різними небезпеками і настанням екологічної небезпечної події, а також ефективність застосування певних технологій захисту довкілля. Також опосередковано відбувається попереднє зіставлення витрат ресурсів на організаційні та технічні зусиль, які потрібні для відновлення довкілля у разі виникнення надзвичайної ситуації. Крім того, встановлюються потенційні обмеження реалізації обраних технологій захисту із очікуваними вигодами, що досягаються внаслідок зниження екологічних ризиків та реалізації поставлених цілей.

Відповідність етапів удосконаленого процесу управління ризиками принципам сталої безпеки, визначеним у стандарті ISO 31000:2018, наведено у таблиці 1.6. У положенні зазначеного стандарту, оцінювання ризику має ґрунтуватися на комплексному аналізі поточного стану системи з ідентифікацією

внутрішніх та зовнішніх небезпечних факторів середовища, здатних підвищувати ймовірність настання небезпечних подій або посилювати тяжкість.

Водночас впровадження людиноцентричного підходу в управлінні ризиками зумовлює необхідність розроблення та уточнення критеріїв оцінювання впливу зазначених груп небезпечних факторів не тільки з позицій технічної безпеки, а й з урахуванням їх впливу на рівень екологічного навантаження

Таким чином, актуалізується необхідність удосконалення наявного інструментарію управління екологічними ризиками. Насамперед, це стосується етапу формування та впровадження нового процесу ідентифікації екологічних небезпек і небезпечних чинників. Для цього зручно використати штучний інтелект для обробки великих масивів даних. Крім того, ефективне управління екологічними ризиками вимагає впровадження й інтелектуальних механізмів для підтримки прийняття управлінських рішень, заснованих на застосуванні алгоритмічних методів аналізу великих масивів даних. Такі підходи передбачають збір, обробку та інтерпретацію значних обсягів різномірної інформації, на основі якої формуються релевантні індикатори стану екосистеми [23].

Таблиця 1.6. Відповідність етапів процесу керування ризиками відповідно до принципів сталої безпеки

Етап	Мета етапу	Принципи
1. Обмін інформацією та консультування в оточуючому середовищі	Метою процесів обміну інформацією та консультування є забезпечення зацікавлених сторін релевантними знаннями, щодо природи екологічних ризиків, підстав для прийняття управлінських рішень та причин необхідності впровадження визначених захисних технологій.	Принцип 2 Різноманітності Принцип 6 Людиноцентричності
2. Визначення ситуації (контексту) в навколишньому середовищі	Метою визначення контексту управління екологічними ризиками є забезпечення відповідального та системного підходу до збирання та структурування даних, необхідних для функціонування процесу управління для підвищення результативності застосування захисних технологій.	Принцип 3 Відповідальності

Продовження таблиця 1.6.

3. Оцінка ризику	Оцінювання екологічного ризику є комплексним процесом, який охоплює ідентифікацію, аналіз та розрахунок рівня ризиків, що ґрунтується на визначенні ймовірності настання небезпечних екологічних подій, зумовлених дією внутрішніх та зовнішніх небезпечних факторів, а також на оцінці тяжкості можливих наслідків.	Принцип 1 Ризик-орієнтованості Принцип 4 Гнучкий
4. Вплив на ризик	Метою впливу на ризик є обґрунтований вибір та застосування відповідних захисних технологій. Процес впливу на ризик має ітеративний характер і включає визначення та відбір альтернативних захисних/запобіжних технологій, планування та реалізацію обраних рішень, оцінювання їхньої ефективності, прийняття рішення щодо прийнятності залишкового ризику та здійснення подальших коригувальних дій у разі його неприйнятності.	Принцип 5 Стійкості Принцип 4 Гнучкості
5. Моніторинг і перевірка	Мета моніторингу полягає в забезпеченні та підвищенні якості та ефективності застосування захисних технологій.	Принцип 2 Різноманітності
6. Документування та звітність з керування ризиками	Документування результатів і надання зворотного зв'язку для виявлення слабких сторін і помилок у розрахунках.	Принцип 2 Різноманітності
6. Перегляд карт ризиків періодично чи при суттєвих змінах в середовищі	Результати перегляду карти екологічних ризиків мають бути частиною діяльності, щодо загального управління екологічною безпекою промислового регіону для оцінювання результативності застосованих захисних/запобіжних технологій.	Принцип 5 Стійкості Принцип 4 Гнучкості
7. Перегляд самої процедури процесу керування ризиками	Документування результатів аудитів процесу керування екологічними ризиками надання зворотного зв'язку з поліпшення всіх процесів щодо запровадження захисних/запобіжних технологій.	Принцип 1 Ризик-орієнтований Принцип 3 Відповідальність

Відзначимо, що для ефективного результату процесу керування екологічним ризиком, щодо застосування захисних/запобіжних технологій довілля необхідно приймати рішення в таких системах штучному інтелекту, а для контролю за цим процесом створити умовами для віртуалізації виробничого простору. Разом з тим, виникають нові виклики пов'язані з нестабільністю, непередбачуваністю і невизначеністю у роботі організацій через не розуміння функціонування в нових реаліях [24].

1.3. Вимоги до системи управління екологічною безпекою

Головною метою екологічної безпеки є раціональне природокористування, захист навколишнього середовища та створення гармонійного середовища для існування біологічного різноманіття [25, 26]. Також до мети екологічної безпеки відносять досягнення максимально можливого рівня зниження екологічних навантажень на природні ресурси, обмеження викидів екологічно небезпечних речовин в атмосферу та скидів їх у водне середовище, забезпечення відповідного стану здоров'я людей (персоналу та мешканців), що знаходяться під відповідним негативним впливом підприємства [27]. Для реалізації поставленої мети створюється система управління екологічною безпекою, включаючи екологічну політику, екологічну оцінку, дослідження екологічних аспектів, планування діяльності, відповідальність, методи, процеси і ресурси для забезпечення мінімізації будь-яких втрат, що визначено в законі України про екологічний аудит. При цьому основним її принципом є: оперативність вирішення проблем; відповідальність за екологічні наслідки, що виникають у результаті прийняття управлінських рішень будь-якого рівня; пріоритетність вирішення екологічних задач (рис. 1.8) [28].

Система управління екологічною безпекою також визначається як сукупність взаємозв'язаних та взаємозалежних форм і методів еколого-орієнтованого управління, що структурно поділяються на організаційні, планувальні та контрольні заходи, з яких потім визначаються матеріальні ресурси для забезпечення мотивації еколого-орієнтованої діяльності суб'єктів господарювання [29]. Зазначена система управління екологічною безпекою ґрунтується на трьох складових: контроль, реагування, розробка та запровадження заходів безпеки [30]. Зазначається, що максимальні зусилля в таких системах повинні бути зосереджені на прийнятті управлінських рішень за результатами аналізу існуючих ризиків та прогнозу нових потенційних загроз, які є невід'ємною складовою антропогенної діяльності. Однак, при цьому система залишається реактивною, оскільки процес керування екологічними ризиками не

передбачає формування відповідної стратегії, наприклад, підтримки сталої безпеки в організації.



Рис. 1.8. Загальна схема системи управління екологічною безпекою [28]

Існує також визначення системи екологічної безпеки як комплексу взаємозв'язаних процесів планування та реалізації екологічної політики ціноутворення, просування та розподілу ідей, продуктів і послуг, спрямований на здійснення обмінів, які задовольняють потреби екологічної безпеки як на рівні індивідів, так і на рівні підприємств і регіону [31].

Дієвість системи управління екологічної безпеки визначається через її результативність, яка може оцінюватись завдяки інтегральній екологічній оцінці. Остання представляє собою безрозмірний показник стану навколишнього середовища, що являє собою середньозважене значення показників якості атмосферного повітря, водних та земельних ресурсів [32]. Втім ефективність системи управління екологічною безпекою може бути оцінена імовірністю настання аварійних ситуацій або імовірністю відвернення загрози аварійних ситуацій, спричинених екологічними чинниками, а також через очікувані екологічні та соціальні збитки, спричинені небезпечною промисловою діяльністю регіону. Такий підхід потребує встановлення співвідношень різних

чинників шляхом визначення цільових функцій діяльності та вирішення системи математичних рівнянь за обраними критеріями, що потребує побудови відповідних моделей [32, 33].

Виходячи з концепції сталої безпеки в основі дієвої системи управління екологічною безпекою зобов'язані знайти вимоги серії стандартів ДСТУ ISO 14001, які рекомендують розробити відповідний процес керування екологічними ризиками [6, 34]. При цьому під екологічним ризиком вбачають вплив невизначеності. Фахівці визначають його як ймовірність негативних для життєдіяльності суспільства, в тому числі й для здоров'я населення, результатів будь-яких (спеціальних, постійних чи катастрофічних) антропогенних або техногенних змін природних об'єктів і факторів [35]. Або як ймовірність змін та/або руйнування (загибелі) екологічного об'єкта внаслідок змін у навколишньому середовищі [36]. Також під екологічним ризиком вбачають імовірність порушення структури і стійкості екосистеми та взаємозв'язків між її складовими внаслідок передбачуваної чи непередбачуваної діяльності людини [3, 37].

У Постанові від 31.10.2018 № 913 «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр, визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) Державною службою геології та надр» хоча сам термін відсутній, але в таблицях щодо оцінки екологічних ризиків визначається подія, що містить ризик настання негативних наслідків, що відповідає екологічній небезпеці [11, 38].

В будь-якому разі розрахунок екологічного ризику вимагає оцінку екологічних наслідків, які визначаються відповідно до закону України про стратегічну екологічну оцінку, розуміють будь-які ймовірні наслідки для ґрунту, повітря, води, ландшафту, біорізноманіття, клімату, флори, фауни, надр, природних територій та об'єктів, безпеки життєдіяльності населення та його здоров'я, об'єктів культурної спадщини, матеріальних активів та взаємодію цих факторів. Крім того для розробки дієвого механізму керування екологічними ризиками необхідно виявити чіткий взаємозв'язок між екологічною небезпекою,

екологічною небезпечною подією, що потребує побудови відповідної моделі причинно-наслідкового зв'язку між екологічною небезпекою – і екологічною небезпечною подією та екологічними наслідками від її настання (рис. 1.9.). При цьому слід оцінити ймовірність настання небезпечної події та її ступінь тяжкості, що не можливе без ідентифікації характерних небезпечних чинників зовнішнього і внутрішнього середовища, які пов'язанні з конкретним видом діяльності в регіонах.



Рис. 1.9. Модель взаємозв'язку між екологічною небезпекою і екологічними втратами

Під екологічною небезпекою відповідно до закону України про охорону навколишнього природного середовища розуміємо такий стан довкілля, при якому відбувається погіршення екологічної ситуації та виникнення небезпеки для здоров'я людей. Звідси виникає питання щодо екологічної небезпеки – ключового поняття для розробки моделі керування екологічними ризиками. Законодавчо цей термін не врегульовано. Однак, більшість фахівців під цим терміном розуміють стан системи «суспільство – навколишнє середовище», що характеризується присутністю або можливістю виникнення чинників, дія яких може прямо або опосередковано призвести до порушення організації і функціонування екологічних систем різних ієрархічних рівнів і погіршення здоров'я людини [35, 39].

Під екологічною небезпекою також розуміють наявність дій та процесів, що можуть впливати на стан навколишнього природного середовища, яке внаслідок надмірного забруднення обмежує або виключає можливість життєдіяльності людини та впровадження господарської діяльності в цих умовах [16, 40]. Для виявлення екологічних небезпек пропонується застосовувати якісні:

контрольні списки та проводити екологічні аудити, використовуючи відомі підходи: HAZOP (Hazard and Operability), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) та інші. Однак, нажаль, загальної картини управління ризиками в публікації не наведено. Наприклад, в дослідженні [41] наведено послідовність формування механізму запобігання настанню екологічно небезпечних ризик-подій, які також аналізуються наведеними методами, що дозволяє визначити необхідні стабілізаційні заходи [42]. Разом з тим, автори вище наведеної публікації не надають визначення екологічній небезпеці, а тільки наводять джерела небезпек, що не дозволяє відтворити послідовність небезпека – небезпечна подія. Цікаво, що в стандарті ДСТУ ISO 14001:2015 знаходимо термін екологічний аспект, який визначається як елемент діяльності організації або її продукції чи послуг, що взаємодіє чи може взаємодіяти з довкіллям та може спричинювати вплив на довкілля. Отже виникає питання щодо взаємозв'язку між екологічним аспектом і екологічною небезпекою, який потрібно дослідити.

Під екологічною небезпечною подією розумітимемо забруднення навколишнього середовища або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних фізичних і хімічних чинників та біологічних речовин, які шкодять природним екосистемам та людині [43]. Для визначення небезпечної події слушно користуватись поняттям перевищення гранично допустимої концентрації екологічно небезпечних речовин у межах санітарно-захисних і робочих зон промислових підприємств, у повітрі населених місць, у воді поверхневих водойм і річок, в ґрунті і в продуктах харчування. В основу нормування ГДК покладена концепція, суть якої зводиться до того, що допустимою є концентрація забруднювача в атмосферному повітрі, яка не чинить прямої або непрямої шкідливої або неприємної дії на людину, не знижує працездатності, не впливає на самопочуття або настрої, а також шкідливої дії на певні види природної біоти. Неприпустимими є концентрації екологічно небезпечних речовин в атмосфері, що несприятливо впливають на рослинність, місцевий і глобальний клімат, прозорість атмосфери і побутові умови життя населення [16, 24, 44].

Існує визнана методологія до оцінки рівня настання екологічної небезпечної події на основі моделі еколого-збалансованого функціонування промислових комплексів вуглевидобувних підприємств шляхом оцінювання екологічних ризиків у структурних елементів природної складової техноекосистем [25, 45]. Однак, у запропонованій моделі відсутня інформація, щодо розрахунку збитків, які пов'язані з настанням небезпечної екологічної події. Втім існують методики для обрахунку збитків [32, 46], які визначають наступні складові частини:

- поставарійний стан складів, будівель, будинків, механізмів, обладнання і т. ін., що знаходяться на території військових об'єктів;
- витрати на локалізацію і ліквідацію аварій, оплата сил і засобів, що залучаються до проведення пожежно-рятувальних робіт, їх обслуговування;
- витрати на мінімізацію наслідків аварій.

Разом з тим зазначені методики є певною мірою спрощеними і не в повній мірі враховують умови певних промислових підприємств, а також – наступні (вторинні) збитки від аварії, а саме: негативний вплив на навколишнє середовище; шкоду, що наноситься тваринному і рослинному світу, лісовим і водним ресурсам; вплив на ґрунт, суміжні території і простір. Відзначено, що ці методики є спрощеними і не в повній мірі враховують вторинні збитки від аварії, а саме, негативний вплив на навколишнє середовище, шкоду, що наноситься тваринному і рослинному світу, лісовим і водним ресурсам, вплив на ґрунт, суміжні території і простір повтор.

Отже, згідно з серією міжнародних стандартів ДСТУ ISO 14001, впровадження системи екологічної безпеки як частини сталої безпеки, що дозволяє встановити екологічні аспекти, які властиві певній організації (промислому підприємству), та їх вплив на навколишнє природне середовище (довкілля) повинна забезпечити порядок і послідовність вирішення підприємством екологічних проблем, з використанням таких інструментів, як:

- формування екологічних вимог до планування природоохоронної діяльності;

- наглядова безпека, що забезпечується шляхом організації діяльності в системі екологічного управління;
- коригувальна безпека – здійснюється на основі внутрішніх перевірок і коригування діяльності, виходячи з аналізу результатів роботи промислового об'єкта;
- запобіжна безпека – забезпечується відповідно до прийнятої екологічної політики та її послідовного поліпшення.

Для запровадження цих інструментів потрібно розробити дієвий процес керування екологічних ризиків на основі вимог серії стандартів ДСТУ ISO 14001.

1.4. Аналіз вимог серії стандартів ДСТУ ISO 14001

Найбільш поширеними світовими стандартами і адміністративними інструментами для досягнення різних цілей в області сталого розвитку на рівні окремих організацій являються стандарти, видані Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) [47]. Стандарти ISO розроблені для всіх галузей економіки, за винятком електротехніки та електроніки (стандартизація цих галузей належить Міжнародній електротехнічній комісії – IEC). Для багатьох підприємств впровадження стандартів ISO 14000 є важливою репутаційною складовою [48], а також одним з інструментів реалізації принципів сталого розвитку та досягнення екологічної безпеки. Крім того, за їх допомогою можна швидко реорганізувати роботу організацій для пошуку нових можливостей щодо економічної привабливості. Першим кроком до підвищення результативності системи екологічного менеджменту являється розробка дієвої моделі, що пов'язує всі елементи системи в єдине ціле для досягнення поставленої мети при мінімальних збитках (рис. 1.10). Для цього потрібно проаналізувати принципи, вимоги та структуру стандартів групи ISO 14000, як основи для системи екологічного менеджменту організації, та продемонструвати, як комплексне застосування допоміжних стандартів серії ISO 14000, а також суміжних стандартів (зокрема серії стандартів ISO 31000), дозволяє не лише виконати вимоги, але й суттєво вдосконалити систем екологічного менеджменту. Для

вирішення поставленої задачі було проаналізовано існуючі стандарти серії ISO 14000, характеристики яких наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7. Серія стандартів ISO 14000

Категорія	Назва стандарту	Коротка характеристика
Системи управління та настанови	ISO 14001:2015/Amd 1:2024 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування	Встановлює вимоги до СЕМ, на відповідність яким проводиться сертифікація. Визначає <i>що</i> потрібно робити.
	ISO 14004:2016 Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо запровадження	Надає детальні настанови та приклади для розробки, впровадження та поліпшення СЕМ. Пояснює <i>як</i> можна виконувати вимоги ISO 14001.
	ISO 14005:2019 Системи екологічного управління. Настанови щодо гнучкого підходу до поетапного запровадження	Пропонує поетапний підхід до впровадження СЕМ, особливо корисний для малих та середніх підприємств (МСП).
Спеціалізовані настанови (серія ISO 14002)	ISO 14002-1:2019 Настанови щодо використання ISO 14001 для врахування екологічних аспектів та умов довкілля в межах екологічної предметної сфери. Частина 1. Загальні положення	Встановлює загальну рамку для серії стандартів 14002, що надають детальні настанови щодо конкретних екологічних тем.
	ISO 14002-2:2023 Частина 2: Вода (Part 2: Water)	Надає настанови щодо управління водними аспектами (споживання, якість, ризики повеней/посухи) в рамках СЕМ.
	ISO/CD 14002-3 Частина 3: Клімат (Part 3: Climate) (у розробці)	Надає настанови щодо управління кліматичними аспектами (пом'якшення та адаптація) в рамках СЕМ.
Оцінка та аналіз	ISO 14031:2021 Екологічне управління. Оцінювання екологічної дієвості. Настанови	Надає методологію для розробки та використання показників для вимірювання, моніторингу та оцінки екологічної дієвості.
	ISO 14040:2006 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура	Встановлює принципи та рамкову структуру для проведення Оцінки Життєвого Циклу (ОЖЦ).
	ISO 14044:2006 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Вимоги та настанови	Деталізує вимоги до проведення ОЖЦ, доповнюючи ISO 14040.
	ISO 14046:2014 Екологічне управління. Водний слід. Принципи, вимоги та настанови	Встановлює методологію для оцінки водного сліду продуктів, процесів та організацій на основі ОЖЦ.

Продовження таблиці 1.7

Комунікація та звітність	ISO 14020:2022 Екологічні маркування та декларації. Загальні принципи	Встановлює загальні принципи для всіх типів екологічного маркування та декларацій.
	ISO 14063:2020 Екологічне управління. Екологічна комунікація. Настанови та приклади	Надає настанови щодо розробки та впровадження стратегії та діяльності з екологічної комунікації.
	ISO 14067:2018 Парникові гази. Вуглецевий слід продукції. Вимоги та настанови щодо кількісного визначення	Встановлює вимоги до розрахунку та звітування щодо вуглецевого сліду продукції.
Верифікація та запевнення	ISO 14016:2020 Екологічне управління. Настанови щодо запевнення екологічних звітів	Надає принципи та настанови для незалежної перевірки (запевнення) екологічних звітів для підвищення їх достовірності.
	ISO 14064-3:2019 Парникові гази. Частина 3. Вимоги та настанови щодо валідації та верифікації тверджень стосовно парникових газів	Встановлює вимоги до процесу верифікації звітів про викиди парникових газів.
Фінансові та економічні аспекти	ISO 14007:2019 Екологічне управління. Настанови щодо визначення екологічних витрат і зисків	Допомагає організаціям ідентифікувати та кількісно оцінити екологічні витрати та вигоди.
	ISO 14008:2019 Грошове оцінювання впливів на довкілля та пов'язаних з ними екологічних аспектів	Надає методологію для переведення екологічних впливів у грошовий еквівалент.
Циркулярна економіка та дизайн	ISO 14006:2020 Системи екологічного управління.	Надає настанови щодо інтеграції екологічних аспектів у процес проектування та розробки продукції.
	ISO 14009:2020 Системи екологічного управління. Настанови щодо врахування циркуляції матеріалів у проектуванні та розробленні	Фокусується на стратегіях циркулярної економіки: подовження терміну служби продуктів, відновлення деталей та матеріалів.
	ISO 14051:2011 Екологічне управління. Облік витрат на матеріальні потоки. Загальна структура	Надає інструмент для обліку матеріальних потоків у фізичних та грошових одиницях, виявляючи втрати (відходи).
Суміжні стандарти	ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та керівні вказівки	Надає універсальну рамкову структуру та процес для управління будь-якими ризиками, що може бути застосована для виконання вимог п. 6.1 ISO 14001.
	ISO 19011:2018 Настанови щодо здійснення аудитів систем управління	Надає настанови щодо проведення внутрішніх та зовнішніх аудитів будь-яких систем управління, включно з СЕМ.



Рис. 1.10. Модель вдосконалення системи екологічного управління (менеджменту) згідно вимог і настанов серій стандартів ISO 14000, ISO 31000 та ISO 19011

До першої підгрупи стандартів під назвою "Системи екологічного менеджменту" відносять десять нормативних документів, які крім загальних рекомендацій і вимог до впровадження системи управління екологічною безпекою організації, містять методики з розрахунку екологічних витрат і можливостей, обліку матеріальних витрат, оцінку впливу діяльності організації на навколишнє середовище, підходи до проектування безпечного виробничого середовища.

Основним стандартом являється ISO 14001:2015 в якому містяться вимоги та критерії впровадження системи екологічного менеджменту (екологічної безпеки), завдяки яким організація може значно знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

При цьому система екологічного менеджменту складається з процесів дослідження (забезпечення) контексту організації; лідерства; планування; підтримки; експлуатації; оцінки дієвості; поліпшення.

Обов'язковою умовою успішного функціонування системи є проведення щорічного екологічного аудиту уповноваженою сторонньою організацією з

метою об'єктивної оцінки діяльності підприємства. Крім основного стандарту ISO 14001, розглянута група містить перелік стандартів з різними адаптивними підходами до впровадження системи екологічного менеджменту. Наприклад, в ISO 14005:2019 надаються рекомендації щодо поетапного впровадження елементів системи екологічного менеджменту [48].

Такий підхід критично важливий для малих і середніх підприємств, які не завжди мають необхідні фінансові та часові ресурси. В ISO 14006:2020 наведені вказівки щодо включення екологічних стандартів у процес проектування виробництва, що дозволяє спрогнозувати вплив виготовлення продукції на навколишнє середовище. До речі ISO 14006:2020 являється необхідним доповненням до ISO 14001, який пов'язує процеси управління екологічною безпекою з можливим негативним впливом на навколишнє середовище нового продукту. ISO 14007:2019 та ISO 14008:2019 містять рекомендації щодо визначення екологічних витрат, екологічних переваг та підходи до оцінки впливу організації на навколишнє середовище у грошовому еквіваленті.

Розглянута група стандартів безпосередньо пов'язана з сталою безпекою так як її ключовою метою являється ефективне впровадження та успішна експлуатація системи управління екологічною безпекою, що може істотно підвищити екологічні показники за рахунок зниження негативного впливу діяльності підприємства на навколишнє середовище.

Друга підгрупа стандартів ISO 14000 пов'язана з «екологічним аудитом та екологічними дослідженнями». Вони містять рекомендації щодо складання екологічної звітності (ISO 14016:2020), що дозволяє стандартизувати процедуру розробки бухгалтерських документів на підприємствах. Вимоги до екологічної оцінки організацій (ISO 14015:2022), які можуть використовуватися будь-якими організаціями, включаючи малі та середні підприємства [49]. У 2022 році ISO випустила стандарт ISO 14017:2022 «Екологічний менеджмент – Вимоги з керівництвом для перевірки та валідації водних тверджень», який містить інструкції щодо підготовки звітів, пов'язаних зі споживанням водних ресурсів та впливом на них. В рамках досягнення сталої безпеки зазначена підгрупа забезпечує розвиток щорічної екологічної звітності та дозволяє підприємствам

відстежувати результати своєї діяльності на основі порівняння зі стратегічними цілями та завданнями.

Публікуючи екологічні звіти, підприємства надають відкриту інформацію про свою діяльність, що ще більше стимулює з року в рік мінімізувати вплив на навколишнє середовище, тим самим підвищуючи їх надійність в особі споживачів.

Третя підгрупа стандартів включає 8 нормативних документів, що містять вимоги до "екологічного маркування". Загалом стандарти регламентують розробку і випуск екологічних маркувань і декларацій. Ключові принципи викладені в основному стандарті ISO 14020:2000 «Екологічні маркування та декларації – Загальні принципи». Зокрема, в ньому наведено правила оформлення етикеток та іншої супровідної документації для складання екологічних декларацій. Втім деякі уточнення з екологічного маркування представлені в ISO 14021:2016, щодо особливостей представлення інформації про вуглецевий слід/вуглецеву нейтральність) [50]. Варто зазначити, що стандарти цієї групи більше підходять для великих підприємств, де вже впроваджена і успішно функціонує системи екологічного менеджменту. Для малих і середніх підприємств використання нормативів можливо, але несе за собою значні економічні витрати. В рамках досягнення сталої безпеки ця група стандартів не відіграє значної ролі, проте в інших ситуаціях вимога екологічного маркування предметів може служити стимулом для екологізації виробничого процесу.

Четверта підгрупа пов'язана з оцінкою екологічної ефективності. Вимоги наведені в ISO 14031:2021 «Екологічний менеджмент – Оцінка екологічної ефективності – Керівні принципи» та ISO 14033:2019 «Екологічний менеджмент – Кількісна екологічна інформація – Вказівки та приклади». Вони дозволяють провести повну і об'єктивну оцінку негативного впливу організацій на навколишнє середовище. Зокрема стандарти включають порядок та рекомендації щодо проведення екологічної оцінки підприємства, а також методологію збору та оцінки екологічної інформації про те, як досягти точності розрахунків та інтерпретації результатів [51]. Крім того, ISO 14033:2019 містить приклади збору

та аналізу інформації, що значно спрощує процес впровадження стандарту на малих та середніх підприємствах.

В цій підгрупі також представлена серія стандартів ISO 14030 (чотири частини), що містить рекомендації та процедури щодо використання інструментів «зеленого» боргу – одного з найбільш актуальних економічних заходів для стимулювання переходу підприємств до нового сталого та екологічного вектору розвитку [52].

У 2022 році ISO запровадила ISO 14100:2022 «Керівництво щодо екологічних критеріїв для проєктів, активів та діяльності з підтримки розвитку зеленого фінансування», який описує принципи та процес виявлення критеріїв впливу нових проєктів на навколишнє середовище, які знаходяться в пошуку фінансування. Крім того, ISO випустила стандарт верифікації екологічних технологій (ISO 14034:2016), стандарт екологічної комунікації (ISO 14063:2020), які сприяють використанню найкращих доступних технологій та уніфікують зовнішню та внутрішню комунікацію щодо екологічних аспектів діяльності компанії [53].

Впровадження в систему підприємства зазначених стандартів сприяє створенню ефективної системи обліку та контролю впливу організації на навколишнє середовище. Наявність такої системи в майбутньому може позитивно позначитися на екологічних показниках організації: маючи можливість своєчасно здійснювати моніторинг і вимірювання показників, керівництво може ефективно вирішувати проблеми, тим самим покращуючи функціонування системи управління екологічною безпекою. Слід зазначити, оцінку екологічної ефективності можна застосовувати незалежно від інших стандартів сімейства ISO 14000, зокрема ISO 14001, що робить їх універсальними.

П'ята підгрупа стандартів пов'язана з «оцінкою життєвого циклу продукту». В неї входить 15 нормативно правових документів присвячених оцінці життєвого циклу в контексті екологічної безпеки. В даний час найбільш популярним і ефективним є підхід Life Cycle Assessment (LCA) до оцінки ефективності функціонування підприємства або проєкту: він дозволяє оцінити

проект на різних етапах життєвого циклу і врахувати специфіку функціонування організації на кожному етапі [54]. Принципи та процедура LCA представлені в стандартах ISO 14040:2006, ISO 14044:2006, в яких викладені основні етапи оцінки, етапи взаємозв'язку між різними небезпечними чинниками, постановка цілей та збір інформації для оцінки, підготовка критичного огляду та звіту про оцінку, а також обмеження підходу. Окремо виділяється етап оцінки впливу життєвого циклу (LCIA), в рамках якого оцінюється ступінь впливу організації або проекту на навколишнє середовище. Крім того, ISO представила окремий документ ISO/TR 14047:2012, який містить приклад використання ISO 14044 для оцінки впливу ситуації [54, 55]. Для проведення екологічної ефективності систем продукції був розроблений окремий стандарт ISO 14045:2012, який містить принципи, етапи оцінки, в якому містяться принципи екологічних показників. ISO 14055-1:2017 представляє підходи до управління земельними ресурсами, які мінімізують негативний вплив на ґрунтові ресурси, а ISO/TR 15055-2: містить актуальні до 2022 року регіональні дослідження, які можуть допомогти організаціям впровадити ефективну систему управління земельними ресурсами. Також розроблений окремий стандарт для оцінки впливу на водні ресурси - ISO 14046:2014, приклади впровадження стандарту наведені в ISO/TR 14073:2017 "Екологічний менеджмент – Водний слід – Ілюстративні приклади застосування ISO 14046".

Основним недоліком запропонованої групи стандартів є відсутність єдиної методики LCA з переліком показників для проведення та їх зв'язком з інвестиційними проектами та концепціями циркулярної економіки [54]. Незважаючи на глибоко розроблені рекомендації та процедури LCA, відсутність чіткого переліку необхідних показників може знизити ефективність оцінки. В цілому ця група нормативів, як і попередня, більше підходить для великих підприємств і великих інвестиційних проектів, які мають в своєму розпорядженні необхідними фінансовими, трудовими та інтелектуальними ресурсами.

Шоста підгрупа стандартів, що встановлюють вимоги до «управління викидами (вуглецевої нейтральності) парникових газів і зміною клімату» включають вимоги до організації щодо збереження клімату та скорочення

викидів парникових газів (ПГ). Три частини стандарту ISO 14064 щодо парникових газів (ISO 14064-1:2018, ISO 14064-2:2019, ISO 14064-3:2019) присвячені обліку, кількісній оцінці, моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів підприємствами. В рамках досягнення сталої безпеки саме ця група стандартів може відіграти найбільш значну роль, оскільки призводить до досягнення чистого нуля викидів парникових газів, що є головною метою сучасної глобальної екологічної політики [55]. Розглянута підгрупа також включає додаткові документи щодо вимог до органів валідації та верифікації ПГ (ISO 14065:2020), вимог до рівня компетентності інспекційних органів (ISO 14066:2011) та вимог і рекомендацій щодо оцінки вуглецевого сліду для продукції (ISO 14067:2018) [56]. ISO 14080:2018 містить підходи та методологічні рекомендації щодо впровадження кліматичних проєктів, що дозволяє організаціям не лише застосовувати існуючі методи, а й удосконалювати власні, якщо вони відповідають встановленим принципам. Група також містить документи, що встановлюють принципи оцінки кліматичних ризиків (ISO 14091:2021), вимоги до адаптації та планування проєктів регіональним урядом (ISO 14092:2020) та підходи до підготовки звітів про інвестиції та фінансову діяльність, пов'язану з проєктами зі зміни клімату [57]. До переваги кожної підгрупи стандартів сімейства ISO 14000 слід віднести високу узгодженість один з одним: всі стандарти доповнюють один одного і в сукупності значно підвищують екологічну ефективність підприємств. До недоліків стандартів сімейства ISO 14000 відноситься високий рівень цін їх впровадження. Це суттєвий бар'єр для малих та середніх підприємств, які не мають достатніх фінансових, інтелектуальних та часових ресурсів, але при цьому мають негативний вплив на навколишнє середовище. Низька адаптивність стандартів за галузями економіки та відсутність чітких методик з переліком показників також є одним з недоліків ISO 14000, але в той же час це може бути обумовлено істотними відмінностями в екологічному законодавстві. У таблиці 1.8 наведені виявлені переваги і недоліки розглянутих груп стандартів ISO.

За результатами огляду групи стандартів ISO 14000 авторами були зроблені наступні висновки:

Таблиця 1.8. Переваги та недоліки підгруп стандартів ISO 14000

Підгрупи	Переваги	Недоліки
<i>Системи екологічного управління (менеджменту)</i>	1. постійне вдосконалення діяльності організації; 2. охоплює всі рівні матеріального забезпечення підприємства; 3. запропонований підхід підходить як для великих, так і для малих і середніх підприємств	1. висока вартість сертифікації; 2. неврахування особливостей характеристик різних секторів підприємства 3. не достатньо враховуються вимоги національного екологічного законодавства
<i>Екологічний аудит та екологічні дослідження</i>	1. універсальність стандартів; 2. наявність чітких інструкцій щодо складання екологічного звіту, що сприяє стандартизації процедури в усьому світі; 3. стандарти можуть застосовуватися як для власного екологічного аудиту, так і для зовнішнього	1. висока вартість сертифікації; 2. неврахування особливостей характеристик секторів підприємства
<i>екологічне маркування</i>	1. деталізована проробка вимог до розробки екологічного маркування та декларації	1. висока вартість сертифікації;
<i>оцінка екологічної ефективності</i>	1. стандарти можуть використовуватися незалежно; 2. стандарти охоплюють широкий спектр діяльності підприємств; 3. універсальність стандартів; 4. відповідають сучасним вимогам глобального порядку денного у сфері охорони навколишнього середовища та збереження клімату.	1. висока вартість сертифікації; 2. більшість стандартів не адаптовані для малих та середніх підприємств; 3. не враховується галузева специфіка підприємств; 4. недостатнє врахування ефективності використання природних ресурсів.
<i>оцінка життєвого циклу продукту</i>	1. охоплює всі аспекти життєвого циклу; 2. універсальність стандартів; 3. можливість використання стандартів на додаток до державних рекомендацій щодо оцінювання екологічної стійкості; 4. наявність рекомендацій щодо проведення оцінки життєвого циклу в інвестиційних проектах.	1. відсутність єдиної методології з переліком показників, необхідних для проведення достовірної оцінки життєвого циклу; 2. висока вартість сертифікації; 3. більшість відповідних стандартів не адаптовані для малих та середніх підприємств.
<i>управління викидами парникових газів і зміною клімату</i>	1. потужна розробка всіх аспектів обліку, моніторингу та оцінки викидів парникових газів; 2. наявність вимог до організацій, що займаються перевіркою та валідацією екологічної звітності; 3. наявність підходів та методичні рекомендації до реалізації кліматичних проектів	1. висока вартість сертифікації; 2. більшість стандартів не адаптовані для малих та середніх підприємств;

Незважаючи на виявлені недоліки, універсальність стандартів і їх міжнародне визнання робить їх найбільш затребуваними в світі. Багато великих і навіть середніх підприємств для підвищення авторитету проходять сертифікацію стосовно зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

- Одним з найпопулярніших і затребуваних міжнародних стандартів є ISO 14001, що містить критерії, вимоги та рамки впровадження системи екологічного управління/менеджменту на будь-якому підприємстві. Використання цього стандарту дозволяє підприємствам підвищити ефективність обліку та моніторингу негативного впливу на навколишнє середовище та значно знизити цей вплив;

- стандарти ISO 14000 охоплюють практично всі можливі напрямки діяльності організації/підприємства в сфері охорони навколишнього середовища. Окрім рекомендацій та вимог, стандарти містять узагальнені підходи та методології обліку впливу, оцінки ризиків та шляхів зменшення негативних впливів.

- Універсальність стандартів і їх міжнародний статус дозволяють вважати їх запорукою створення єдиних методів та відповідних методик з екологічної оцінки підприємств та алгоритмів досягнення екологічної стійкості підприємств.

- До основних недоліків можна віднести високу вартість сертифікації і низький рівень адаптивності для малих і середніх підприємств, які, незважаючи на свої розміри, часто виступають істотним джерелом забруднення навколишнього середовища (довкілля).

1.5. Аналіз проблемних питань з вдосконалення технологій забезпечення екологічної безпеки промислових регіонів. Постановка задач дослідження.

Забруднення територій, особливо ґрунтів та водойм промисловими підприємствами, потребує запровадження швидких конкретних кроків з

відновлення рівня їх екологічної безпеки. Тому важливою складовою успішного функціонування будь-якої промислової організації є запровадження системи екологічного управління, як частини загальної системи управління промислового регіону, наприклад відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 та інших, які включають організацію й планування, моніторинг стану та розподіл відповідальності, корегування та практичне виконання процедур й процесів, як для визначення відповідних ресурсів, так і для розробки, впровадження та досягнення зазначених цілей організації з одночасним вирішенням проблемних екологічних питань управління. При цьому для забезпечення результативності системи екологічного управління важливо розробити і запровадити процедуру керування екологічними ризиками, яка представляє собою процес виявлення всіх загроз, викликів і небезпек, встановлення причинно-наслідкових зв'язків з важкістю екологічних втрат для навколишнього середовища, встановлення шкал з оцінювання ймовірності настання і важкості втрат від небезпечних подій, визначення рівнів екологічного ризику та обґрунтування заходів і засобів для зниження цих ризиків до прийняттого рівня.

В результаті, головною метою системи екологічного управління стане: досягнення максимально можливого рівня зниження екологічного навантаження на ненавколишнє середовище; обмеження викидів шкідливих речовин в атмосферу та водойми; забезпечення відповідного стану здоров'я персоналу та мешканців, де функціонує підприємство. Концептуальний базис управління екологічною безпекою організації ґрунтується на імперативах оперативної детермінації проблемних аспектів, інституційної відповідальності за екологічні наслідки управлінських рішень та стратегічної пріоритетності екологічних чинників у загальній структурі менеджменту. Результативність такої системи визначається рівнем її узгодженості із задекларованою екологічною політикою та зобов'язаннями, що перевіряється через систему індикаторів досягнення цільових орієнтирів. Традиційне застосування інтегральної екологічної оцінки як агрегованого середньозваженого показника стану природних реципієнтів (водних, земельних ресурсів та атмосферного повітря) наразі ідентифікується як

елемент реактивної парадигми, що обмежується кількісною корекцією наявних відхилень без можливості предикативного моделювання майбутніх трансформацій. На противагу цьому, стратегічно доцільним є перехід до проактивного підходу, який передбачає фундаментальну трансформацію корпоративної стратегії на засадах відвічального управління та превентивного реагування на екзогенні загрози, що зумовлює якісне зростання сукупного екологічного потенціалу підприємства.

Концепція проактивного управління екологічною безпекою базується на керуванні екологічними ризиками через ідентифікацію екологічних небезпек, аналіз рівня екологічного ризику, оцінки екологічного ризику та впровадження технологій захисту, що і забезпечить зниження екологічних ризиків до прийняттого рівня.

Найкраще цей підхід реалізувати через керування екологічними ризиками відповідно до вимог зазначених в стандарті ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування».

Вище наведений аналіз дозволив визначити мету дисертаційної роботи, як вдосконаленні технології забезпечення екологічної безпеки промислових регіонів на основі розробки процесу керування екологічними ризиками з урахуванням впливу різних комбінацій небезпечних чинників.

Завдання по досягненню мети:

1. Розробити модель оцінювання екологічного ризику промислового регіоні, що ґрунтується на причинно-наслідковому зв'язку між екологічними аспектами (як джерелами небезпеки) та комплексним впливом небезпечних подій на довкілля.

2. Розробити процес раціонального вибору захисних технологій для зниження екологічного ризику до прийняттого рівня з одночасною мінімізацією фінансових витрат на їх реалізацію.

3. Визначити залежність рівня загальних втрат організації від зниження екологічного ризику в промисловому регіоні, враховуючи взаємозв'язок між

імовірністю небезпечної події та тяжкістю її наслідків, які формуються екологічними, соціальними та економічними чинниками.

4. Розробити модель оцінки результативності системи екологічної безпеки в промисловому регіоні на основі застосування проактивних показників екологічної безпеки.

Матеріали, що наведені в розділі, опубліковані в наступних роботах автора [21].

Література до розділу 1

1. Бабчинська, О. І. (2020). Інструменти формування механізму екологічного менеджменту в сучасних умовах. Ефективна економіка, 10, on-line. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.10.52>.

2. Солоденко, Ю. (2017) Впровадження системи екологічного менеджменту на автотранспортних підприємствах. Науковий вісник УМО. Серія: Економіка та управління, 4, on-line. Режим доступу: <http://umo.edu.ua/4-2017-1>.

3. Павлов, К.В., Федина, К.М. (2016). Принципи інтегрованого управління екологічно безпечним природокористуванням. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія: Економіка, 4, 198-206. Режим доступу: <http://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/10640>.

4. Самойлова, І.І. (2018). Напрями вдосконалення системи державного управління екологічною безпекою в Україні. Державне управління: удосконалення та розвиток, 11. <https://doi.org/10.32702/2307-2156-2018.11.235>.

5. Гамкало, О.Б., Демків, Х.С. (2021). Методи та прийоми економічного аналізу в процесі управління екологічною безпекою підприємства. Ефективна економіка, 11. - URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9535> (дата звернення: 11.11.2023). <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.11.776>.

6. Фадєєва, І. (2023). Стабілізаційні заходи щодо покращення економіко-екологічного управління нафтогазовидобувними підприємствами. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки, 3, 145-150. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-318-3-22>.

7. Аблєєва, І.Ю., Пляцук, Л.Д. Системний підхід до підвищення екологічної безпеки нафтовидобувних територій: Монографія. - Суми: СумДУ, 2021. - 275 с. Режим доступу: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/84260>.

8. Драган, І.О. (2013). Інституційні напрями управління екологічною безпекою в умовах структурних трансформацій економіки України. Агросвіт, 6, 34-38. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrosvit_2013_6_8.

9. Прожога, І.В., Абрамчук, М.Ю., Кобушко, І.М. (2015). Система управління забезпеченням екологічної безпеки: організаційні, економічні та фінансові аспекти. Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського. Серія: Економічні науки, 1, 127-133. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvmduce_2015_1_27.

10. Козуля, Т.В., Шаронова, Н.В. (2012). Розв'язання задач управління екологічною безпекою за умови реалізації концепції корпоративної екологічної системи. Системні дослідження та інформаційні технології, 2, 67-77. Режим доступу: <http://journal.iasa.kpi.ua/article/view/71929>.

11. Гарькава, В.Ф., Кліщевська, А.Ю. (2021). Управління екологічною складовою системи економічної безпеки регіону. Агросвіт, 13-14, 11-16. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.13-14.11>.

12. Кучмієв, А.В. (2013). Механізм управління екологічною безпекою економічних систем на засадах маркетингу. Маркетинг і менеджмент інновацій, 2, 251-259. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mimi_2013_2_25.

13. Луньова, О.В. (2020). Наукові основи управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств. Екологічні науки, 1(28), 50-59. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.8>.

14. Marzouk, M., Abdelkader, E.M., El-zayat, M., Aboushady, A. (2017). Assessing Environmental Impact Indicators in Road Construction Projects in Developing Countries. Sustainability, 9(5), 843. <https://doi.org/10.3390/su9050843>.

15. Сидоренко, В.Л. (2013). Категоризація складів боєприпасів за ступенем екологічної небезпеки, Екологічні науки, 3, 51-60. Режим доступу: http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2013/3/3_2013.pdf.

16. Комарницький, І.М., Бублик, М.І. (2008). Оцінка техногенних збитків та аналіз підходів до їхнього розрахунку у глобальному та регіональному аспектах. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", 628, 134-143. Режим доступу: https://vlp.com.ua/files/21_31.pdf.

17. Хлобистов, Є.В., Жарова, Л.В., Волошин, С.М. (2009). Методичні підходи до оцінки наслідків надзвичайних ситуацій: порівняльний аналіз української та міжнародної практик. Механізми регулювання економіки, 4(1), 24-33. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/14041308.pdf>.

18. Дідух, Я.П., Вишенська, І.Г., Альошкіна, У.М., Гаврилов, С.О., Навроцька, О.І. (2013). Екологічна оцінка збитків від втрати природних біотопів м. Києва. Наукові записки НаУКМА. Серія: Біологія та екологія, 142, 54-60. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMA_2013_142_10.

19. Зубко, К.Ю. (2015). Теоретичні основи класифікації еколого-економічних збитків. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент, 13, 170-174. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvmgu_eim_2015_13_40.

20. Шако, О. (2015). Переваги та недоліки застосування екологічних податків для зниження рівня забруднення довкілля. Світ фінансів, 1, 48-57. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/svitfin_2015_1_6.

21. Цопа, С.І. Чеберячко, І.М. Луценко, О.В. Дерюгін, О.О. Шустов, Л.Д. Чеберячко//Coll.res.par.nat.min.univ. 2024, 78:197–210. Вдосконалення процесу керування ризиками згідно ISO 31000:2018 та з урахуванням принципів Індустрії 5.0 /В.А. Режим доступу : <https://doi.org/10.33271/crpnmu/78.197>

22. Мартиненко, В.О., Машкаров, Ю.Г. (2019). Екологічний менеджмент як нова парадигма муніципального управління. Теорія та практика державного управління, 2, 116-120. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpdu_2009_2_19.

23. Кузьменко, О.Б., Андрєєв, В.І. Основи екологічного менеджменту: Навчальний посібник. - Миколаїв: Видавництво ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. - 160 с. ISBN 978-966-336-298-4.

24. Тарасова, В.В. (2010.). Інтегральна оцінка екологічного стану довкілля. Агросвіт, 14, 16-18. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrosvit_2010_14_4.

25. Толпежніков, Р.О. (2015). Управління змінами сукупного потенціалу підприємства. Ефективна економіка, 3. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2015_3_3.
26. Олексієнко, М.М. (2013). Проактивний підхід до управління екологічними проектами. Управління розвитком складних систем, 14, 68-71. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2013_14_14.
27. Олексієнко, М.М. (2013). Проактивний підхід до управління екологічними проектами. Управління розвитком складних систем, 14, 68-71. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2013_14_14.
28. Барабаш, О.В. (2018). Ефективність системи екологічного менеджменту як індикатор екологічної безпеки агломерації. Екологічні науки, 4(23), 14-18. <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2018-4-23-3>.
29. Берзіна, С.В., Берзін, В.М., Вакараш, В.М., Ворфоломеев А.В., Горопацький В.Г., Дюжилова Н.О, Картавцев О.М., Перминова С.Ю., Ткач О.В., Яреськовська І.І. Системи екологічного управління: сучасні тенденції та міжнародні стандарти. Посібник. - К: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. - 134 с. ISBN 978-617-7326-29-7.
30. Bazaluk, O., Tsopa, V., Okrasa, M., Pavlychenko, A., Cheberichko, S., Yavorska, O., Deryugin, O., Lozynskyi, V. (2023). Improvement of the occupational risk management process in the work safety system of the enterprise. *Frontiers Public Health*, 11, on line. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1330430.
31. Лановенко, О.Г., Остапішина, О.О. Словник – довідник з екології: Навчально-методичний посібник. - Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. - 226 с. Режим доступу: <http://dspace.ksu.ks.ua/handle/123456789/1563>.
32. Дронова, О.Л. (2009). Небезпеки і ризики в оцінюванні екологічного стану геосистеми. Культура народів Причорномор'я, 164, 155-162. Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/7074>.
33. Самойлік, М. (2014). Забезпечення ресурсно-екологічної безпеки у регіоні: теорія та практика. Аграрна економіка, 7(1-2), 131-138. Режим доступу: <http://agrarianeconomy.lnau.edu.ua/index.php/en/archive/24-arkhiv-nomeriv/29-2014-t-7-1-2>.

34. Сокур, М.І., Шмандій, В.М., Бабець, Є.К., Білецький, В.С., Мельнікова, І.Є., Харламова, О.В., Шелудченко, Л.С. Екологічна безпека та економіка: Монографія. - Кременчук, ПП Щербатих О.В., 2020. - 240 с. ISBN 978-617-639-255-2.

35. «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр і визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) Державною службою геології та надр». Постанова Кабінету міністрів України від 31 жовтня 2018 р. № 913. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/913-2018-%D0%BF#Text>.

36. Челябин, Л.І., Григорчук, Л.І., Челябин, В.Л. (2009). Чинники і ризики забруднення довкілля та їх вплив на показник екологічної безпеки об'єкта. Науковий вісник ІФНТУНГ, 1(19), 45-50. Режим доступу: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/73906232.pdf>.

37. Bazaluk, O., Koriashkina, L., Cheberyachko, S., Deryugin, O., Odnovol, M., Lozynskyi, V. and Nesterova, O. (2022). Methodology for assessing the risk of incidents during passenger road transportation using the functional resonance analysis method. Heliyon, 8(75), e11814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11814>.

38. Zhang, M., Shi, L., Ma, X., Zhao, Y., Gao, L. (2021). Study on Comprehensive Assessment of Environmental Impact of Air Pollution. Sustainability, 13, 476. <https://doi.org/10.3390/su13020476>.

39. Puig, M., Wooldridge, C., Casal, J., Darbra, R.M. (2015). Tool for the identification and assessment of Environmental Aspects in Ports (TEAP). Ocean & Coastal Management, 113, 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.05.007>.

40. Shams, S., Prasad, D.M.R., Imteaz, M.A., Khan, M.M.H., Ahsan, A., Karim, M.R. (2023). An Assessment of Environmental Impact on Offshore Decommissioning of Oil and Gas Pipelines. Environments, 10, 104. <https://doi.org/10.3390/environments10060104>.

41. Яцишин, А.В., Артемчук, В.О., Попов, О.О. (2012). Класифікація моделей забруднення атмосферного повітря. Моделювання та інформаційні технології, 63, 49-58. Режим доступу: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/38037>.
42. Díaz de Junguitu, A.; Allur, E. The Adoption of Environmental Management Systems Based on ISO 14001, EMAS, and Alternative Models for SMEs: A Qualitative Empirical Study. Sustainability 2019, 11, 7015. <https://doi.org/10.3390/su11247015>.
43. Liang, C.-S., Duan, F.-K., He, K.-B., Ma, Y.-L. (2016). Review on recent progress in observations, source identifications and countermeasures of PM2.5. Environment International, 86, 150-170. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.016>
44. Dominković, D.F., Dobravec, V., Jiang, Y., Nielsen, P.S., Krajačić, G. (2018).Modelling smart energy systems in tropical regions. Energy, 155, 592-609. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.007>.
45. Zhang, H., Zhao, Z., Cai, A., Liu, B., Wang, X., Li, R., Wang, Q., Zhao, H. (2022). Source Apportionment of Heavy Metals in Wet Deposition in a Typical Industry City Based on Multiple Models. Atmosphere, 13, 1716. <https://doi.org/10.3390/atmos13101716>.
46. Іщенко, М.В. (2018). Створення небезпеки для життя, здоров'я людей чи довкілля як наслідок забруднення або псування земель. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Юриспруденція, 32, 102-105. Режим доступу: <https://www.vestnik-pravo.mgu.od.ua/index.php/arkhiv-nomeriv?id=109>.
47. Смирнова, С.М., Смирнов, В.М., Шаповалов, О.О. (2014). Забруднення атмосферного повітря транспортними засобами м. Миколаєва. Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського, Серія: Біологічні науки, 6.2 (107), 57-63. Режим доступу: http://mdu.edu.ua/?page_id=2243.
48. Vulcanović, S., Delić, M., Kamberović, B., Beker, I., Lalic, B. (2020). Integrated management systems based on risk assessment: Methodology development and case studies. Advances in Production Engineering & Management, 15, 93-106. <https://doi.org/10.14743/apem2020.1.352>

49. Бутенко, В.Б. (2019). Підстави застосування запобіжних заходів. Регіональні інноваційні ініціативи: завдання та шляхи вирішення. НДІ ПЗІР НАПрН України, 178-184. Режим доступу: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/13225>.

50. Holmes, B.D., Haglund, K., Ameh, E.A., Olaomi, O.O., Uthman, U., Cassidy, L.D. (2020). Understanding Etiologies of Road Traffic Crashes, Injuries, and Death for Patients at National Hospital Abuja: A Qualitative Content Analysis Using Haddon's Matrix. The Qualitative Report, 25(4), 962-974. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2020.4152>.

51. Tsopa V.A., Cheberyachko L., Yavorska O.O., Deryugin O.V., Bil'ko T.O. Improvement of the professional risk management process according to Haddon's matrix. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2023, 2, 105-112. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-2/105>.

52. Колєнов, О.М. (2016). Сутність екологічної політики в контексті державного управління. Вісник Національного університету цивільного захисту України. Серія: Державне управління, 1, 136-141. Режим доступу: <http://vdu-nuczu.net/ua/8-ukr/13-vipusk-4-2016>.

53. Jang, H.-J., Ahn, Y.-H., Tae, S.-H. (2022). Proposal of Major Environmental Impact Categories of Construction Materials Based on Life Cycle Impact Assessments. Materials, 15(14), 5047. <https://doi.org/10.3390/ma15145047>.

54. Borja, L.C.A., César, S.F., Cunha, R.D.A., Kiperstok, A.A. (2018). Quantitative Method for Prediction of Environmental Aspects in Construction Sites of Residential Buildings. Sustainability, 10(6), 1870 <https://doi.org/10.3390/su10061870>.

55. Cheberichko, S., Yavorska, O., Deryugin, O., Lantukh, D., Bas, I., Kruzhilko, O., Melnyk, V. (2023). Improving safety of passenger road transportation. Transactions on transport sciences, 14(2), 11-20. <https://doi.org/10.5507/tots.2023.003>.

56. Уряднікова, І.В. (2008). Екологічні ризики, що виникають під час експлуатації систем водопідготовки в теплоенергетиці та їх мінімізація. Безпека життєдіяльності, 5-6, 39-41.

57. Bazaluk, O., Tsopa, V., Cheberichko, S., Deryugin, O., Radchuk, D., Borovytskyi, O., Lozynskyi, V. (2023). Ergonomic Risk Management Process for Safety and Health at Work. Frontiers Public Health, 11, 1253141. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1253141>.

Розділ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ

2.1. Розробка процесу керування екологічними ризиками

Процедура оцінки екологічного ризику мусить включати попереднє виявлення різноманітних небезпечних чинників, які збільшують ймовірність настання небезпечної події, тому потребують їх аналізу і ранжування, а також вироблення та прийняття управлінських рішень щодо зменшення їх негативного впливу [1]. Це важливо, оскільки реалізація проявів екологічних ризиків, що з'являється внаслідок дії окремих небезпечних факторів (або їх системи), спричинених діяльністю людини, призводить до виникнення надзвичайних ситуацій, тобто до стану, коли стійкі взаємозв'язки в екосистемах порушені, що спричинює, як правило, негативний вплив на окремі компоненти, зокрема, порушує нормальні умови життя.

Згідно зі стандартом ІЕС 31010:2019 (метод "Bowtie") для визначення величини ризику необхідно встановити причино-наслідковий зв'язок між «небезпекою – небезпечною подією – наслідками». При цьому слід оцінити ймовірність настання небезпечної події та її ступень тяжкості, що не можливе без ідентифікації характерних небезпечних чинників зовнішнього і внутрішнього середовища організації, які пов'язанні з конкретним видом діяльності й застосування різних екологічних аспектів. Тому пропонується удосконалити модель "Bowtie" в якій, замість розташування «бар'єрів» (запобіжних/захисних заходів та засобів, що зменшують настання небезпечної події та важкості наслідків), навести інформацію про існуючі небезпечні чинники (рис. 2.1, 2.2), які впливають на настання небезпечної події та тяжкість наслідків, а також врахування запобіжних/захисних дій для уникнення розвитку найгірших сценаріїв, що в цілому дозволить за величиною ризику спрогнозувати вплив на людський потенціал територій, розташованих в зоні впливу промислового підприємства.



Рис. 2.1. Модель керування екологічним ризиком-на підприємстві



Рис. 2.2. Групи небезпечних екологічних чинників

Рівень екологічного ризику від i – небезпечного екологічного чинника визначаємо як добуток ймовірності ($Й$) настання екологічної небезпечної події (ЕНП) між інтенсивністю ($Ін$) і тривалістю викиду шкідливої речовини ($Тр$) та ступенем небезпечності шкідливої речовини ($Ст$):

$$P_i = Й_i \times Тр_i \times Ін_i \times Ст \quad \text{замість } \times \text{ виберіть знак множення} \quad (2.1)$$

Алгоритм керування екологічними ризиками за представленою моделлю передбачає послідовне виконання декількох кроків (рис. 2.3).

Послідовність виконання за алгоритмом.

1. Ідентифікація потенційних джерел екологічних небезпек і небезпечних чинників.
2. Виявлення додаткових небезпечних чинників, які збільшують ймовірність настання ЕНП, а також можливостей (пом'якшувальних чинників), які сприяють зменшенню виникнення небезпечної події, а також мінімізація шкоди від наслідків її дії (табл. 2.1).

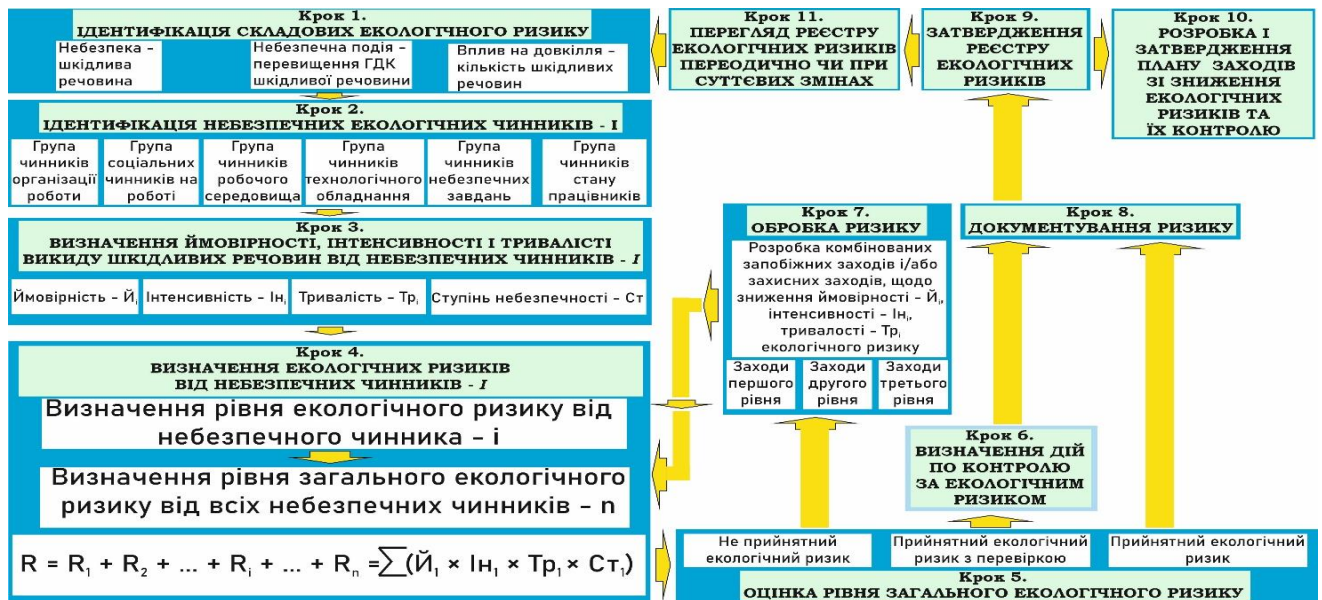


Рис. 2.3. Покроковий процес керування екологічними ризиками

2. Виявлення причинно-наслідкових зв'язків між екологічною небезпекою і небезпечними чинниками, виходячи з оцінки ймовірності настання ЕНП (табл. 2.2); інтенсивності забруднення (табл. 2.3), тривалості викиду екологічно небезпечних речовин (табл. 2.4) та ступені небезпечності (табл. 2.5);
3. Визначення екологічних ризиків під впливом можливостей щодо виникнення екологічних небезпечної події за допомогою певних стандартизованих математичних методів і моделей.
4. Оцінка рівня загального екологічного ризику (табл. 2.6).
5. Виявлення результативності існуючих захисних і запобіжних заходів, щодо зменшення тяжкості наслідків на другій фазі (вторинного наслідку) та на фазі відновлення з розробкою нових пропозицій щодо підвищення їх результативності.
6. Прогнозна оцінка рівня ризику виникнення небезпечної події з урахуванням обраних для застосування відновлювальних заходів.
7. Документування ризиків, заповнення відповідних форм (табл. 2.7).
8. Розробка і затвердження реєстру екологічних ризиків на підприємстві.
9. Розробка плану заходів щодо моніторингу та зменшення екологічних наслідків впливу шкідливих чинників на довкілля і людину.
10. Перегляд проведених розрахунків, обґрунтувань та висновків.

Таблиця 2.1. Реєстр шкідливих небезпечних чинників, характерних для промислових підприємств, що збільшують настання екологічно небезпечної події з підвищеною тяжкістю наслідків

№	Опис шкідливих небезпечних чинників,
<i>Група організаційних та організаційно-технічних небезпечних чинників</i>	
	Порушення або невиконання контрактних зобов'язань з ініціативи однієї зі сторін
	Не врегульована система управління відходами
	Корумпованість керівного складу
	Обмеженість фінансової підтримки
	Відсутність/недостатність матеріальних ресурсів
	Відсутність узгодженого механізму природокористуванням на макро- та мікроекономічному рівні
	Стихійні лиха, природні аномалії та незвичайні явища
<i>Група чинників навколишнього середовища</i>	
	Надмірне забруднення навколишнього середовища
	Погіршення якості атмосферного повітря, поверхневих вод, та ґрунтів
	Використання застарілих виробничих технологій
	Уповільнення динаміки впровадження реформаційних процесів
<i>Група соціальних чинників</i>	
	Недостатність фінансування процесу раціонального природокористування
	Завдання шкоди природним ландшафтам
	Необґрунтовані потреби у сировинних, енергетичних і водних ресурсах
	Байдуже ставлення до природи як матеріальної основи суспільства, а також майбутніх поколінь
	Недосконалість інформаційних засобів та технологій корпоративної співпраці, спілкування з персоналом і мешканцями наближених до підприємства житлових зон
<i>Група чинників, пов'язаних з виробничим обладнанням та устаткуванням</i>	
	Виснаження технічної експлуатації обладнання
	Відсутність інновацій
	Недосконалість технологій виробництва
	Критичний рівень експлуатаційної непридатності обладнання
<i>Група чинників, пов'язаних з персоналом</i>	
	Порушення працівниками трудової дисципліни
	Дефіцит кадрів через міграцію, зокрема робітничих професій
	Нестача кваліфікованих кадрів/спеціалістів
	Незадовільний рівень відповідальності топ-менеджерів
	Криза довіри до керівництва підприємства
<i>Група чинників небезпечних завдань</i>	
	Включає низку непередбачуваних завдань надзвичайного характеру, пов'язаних з поривами водо-паро-газопроводів, аварійними витокami палива, порушенням каналізаційних систем, стихійним поваленням дерев чи затоплення територій тощо, тобто для яких не передбачені офіційні плани ліквідації аварій.

Для розробки шкал, які наведені в табл. 2.2 – 2.5 використані рекомендації, що наведені в ISO 31073:2022, де зазначено, що ймовірність – це міра можливості виникнення екологічної небезпечної події. При цьому рекомендується взяти шість інтервалів відповідно до гігієнічної класифікації умов праці:

Таблиця 2.2. – Диференціація рівнів ймовірності (Й) ЕНП

№№	Рівень імовірності ЕНП	Характеристика (опис)	Частота ЕНП	Бали
1	Неможливий	Неможлива подія	Відсутня	1
2	неможливий	Надзвичайно мало ймовірно, що подія відбудеться протягом більш строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Менше 1 разу на 300 років, але більше 1 разу на 200 років	2
3	Мало ймовірний	Мало ймовірно, але може 1 раз відбутися протягом строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більше 1 разу на 200 років, але менше 1 разу на 100 років	3
4	Рідкий	Мало ймовірно, але може від 1 до 10 разів відбутися протягом строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більше 1 разу на 100 років, але менше 1 разу на 50 років	4
5	Помірний	Відбувається принаймні від 10 до 20 разів протягом строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більше 1 разу на 50 років, але менше, ніж 1 раз на 1 рік	5
6	Імовірний	Відбувається кілька від 20 до 30 разів протягом строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більше 1 разу на 1 рік, але менше 1 разу на 1 місяць	6
7	Високо ймовірний	ЕНП відбувається часто більш 30 разів протягом розгляданого строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більше 1 разу на 1 місяць, але менше 1 разу на тиждень	7

- менше 1 разу на 300 років, але більше 1 разу на 200 років;
- більше 1 разу на 200 років, але менше 1 разу на 100 років;
- більше 1 разу на 100 років, але менше 1 разу на 50 років;
- більше 1 разу на 50 років, але менше 1 разу на 1 рік;
- більше 1 разу на 1 рік, але менше 1 разу на 1 місяць;
- більше 1 разу на 1 місяць, але менше 1 разу на тиждень.

Вказаний інтервал визначався на основі досліджень наведених в роботі [2] в якій для визначення шкали ймовірності екологічної небезпечної події було проаналізовано значну кількість апріорних даних.

Для визначення шкали інтенсивності викиду екологічно небезпечних речовин (табл. 2.3) брали до уваги наслідки забруднень довкілля [3]. Зокрема, до уваги була прийнята регресійна модель з прогнозування рівнів забруднення атмосферного повітря [4]. Для визначення наслідків для довкілля брали до уваги характеристики шести основних забруднювачів: оксид вуглецю (CO), свинець (Pb), оксиди азоту (NO_x), фотохімічні окиснювачі (головним чином приземний озон), забруднення твердими частинками та оксиди сірки (SO_x), що визначено

Агентством з охорони навколишнього середовища США (ЕРА). Забруднення повітря та зміни у довкіллі поєднуються через складні кореляції.

Таблиця 2.3. Диференційована шкала рівнів інтенсивності викиду в атмосферу екологічно небезпечних речовин (Ін)

№	Рівень інтенсивності викидів	Характеристика наслідків для довкілля	Перевищення ГДК (норматив)	Бали
1	Незначний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, не перевищені. Зона незначного потенціалу забруднення.	не більш 10 %	1
2	Низький	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені в незначних рівнях. Зона низького потенціалу забруднення.	не менш 10 %, но не більш 20%	2
3	Помірний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені помірно. Зона помірного потенціалу забруднення.	не менш 20 %, но не більш 90%	3
4	Небезпечний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, небезпечно перевищені. Зона високого потенціалу забруднення.	не менш 90 %, но не більш 110%?	4
5	Значно небезпечний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, значно перевищені. Зона дуже високого потенціалу забруднення.	не менш 110 %, но не більш 150%	5
6	Катастрофічний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, катастрофічно перевищені. Зона катастрофічного потенціалу забруднення.	більш 150%	6

Таблиця 2.4. Диференційована шкала рівнів тривалості викиду шкідливих речовин (Тр)

№№	Рівень тривалості викидів	Тривалість викидів	Бали
1	Незначний	не більш 0,5 години	1
2	Низький	більш 0,5 години, но менш 1 години	2
3	Помірний	більш 1 години, но менш 5	3
4	Значний	більш 5 години, но менш доби	4
5	Високий	більш 1 доби, но менш 1 тижня	5
6	Катастрофічний	більш 1 тижня	6

Таблиця 2.5. Шкала рівнів небезпечності шкідливих речовин (Ст) [5, 6]

№	Рівень небезпечності шкідливих речовин	Критерій небезпечності шкідливої речовини	Бали
1	Мало небезпечні	ГДК більше 10,0 мг/м ³	1
2	Помірно небезпечні	ГДК 1,1...10,0 мг/м ³	2
3	Високо небезпечні	ГДК 0,1...1,0 мг/м ³	3
4	Надзвичайно небезпечні	ГДК менше 0,1 мг/м ³	4

Наприклад, зростання викидів парникових газів (тобто CO₂ -екв.) певною мірою призводить до підвищення забруднення приземної атмосфери озоном (O₃) [7]. Крім того, існують залежності зміни клімату, що обумовлені викидами парникових газів з відповідними наслідками для якості повітря, зокрема в приміщеннях, в контексті зелених будівель [8].

Таблиця 2.6. Шкала відповідності рівнів екологічного ризику (Р), відповідних наслідків та запобіжних і захисних дії за певними критеріями

Група ЕР	Критерії оцінки рівня ЕР	Оцінка рівня ЕР	Наслідки ЕР	Запобіжні і захисні дії ЕР
I	500 - 756	Неприйнятний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені більш ніж на 100 % та протягом тривалого часу. Відновлення/ очищення НПС неможливе або виконується протягом більше 1 місяця; значне порушення трофічних ланцюгів, втрата флори, фауни.	Пристановити роботи. Знизити ризик
II	250 - 500	Прийнятний з перевіркою	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені на 10- 100 % та протягом тривалого часу (від кількох днів до кількох тижнів). Відновлення/ очищення НПС виконується протягом від 1 до 4 тижнів; помірний вплив на трофічні ланцюги, флори, фауни	Встановити додатковий контроль за викидами екологічно небезпечних речовин Дії запобіжні і захисні непотрібні
III	1- 250	Прийнятний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені одноразово, протягом короткого часу, на 10-20%. Відновлення/ очищення НПС виконується негайно та на протязі від кількох годин до 1 доби; вплив на трофічні ланцюги, флору та/чи фауну не спостерігається або одноразовий.	Додаткові запобіжні і захисні дії не потрібні

Для визначення шкали тривалості викиду екологічно небезпечних речовин скористались рекомендаціями наведеними в роботі [9], де визначається ряд комплексних показників забруднення атмосфери для розрахунку індексу забруднення атмосфери в часі.

Достовірність результатів оцінки екологічних ризиків залежить від ступеню невизначеності шкал оцінювання ймовірності настання небезпечної події та тяжкості наслідків.

Таблиця 2.7. Рекомендована форма документування небезпечних чинників відповідно до рівнів негативних ризиків

№ небезпеки	Ідентифікація			Ідентифікація небезпечних чинників	Аналіз – визначення рівня негативного ризику по кожному небезпечному чиннику та загального негативного ризику небезпеки					
	Екологічна небезпека	Екологічна небезпечна подія	Негативні наслідки	Вплив на ймовірності настання екологічної небезпечної події та/або на тяжкість наслідків екологічної небезпечної події від небезпечного чинника	Ймовірність настання екологічної небезпечної події від небезпечного чинника - i	Інтенсивність викиду шкідливих речовин від впливу небезпечного чинника - i	Тривалості викиду шкідливих речовин від впливу небезпечного чинника - i	Ступень небезпечності шкідливих речовин	Рівень н екологічного ризику від небезпечного чиннику - i	Оцінка негативного ризику небезпеки - j по кожному небезпечному чиннику i
1	Тип небезпеки- j	Опис небезпечної події	Вид наслідків	Небезпечний чинник 1	B_{j1}	I_{nj1}	Tr_{j1}	Ст	R_{j1}	Прийнятний/ прийнятний з перевіркою або неприйнятний
				Небезпечний чинник 2	B_{j2}	I_{nj2}	Tr_{j2}		$R_{п2}$	
				Небезпечний чинник 3	B_{j3}	I_{nj3}	Tr_{j3}		R_{j3}	
				Небезпечний чинник 4	B_{j4}	I_{nj4}	Tr_{j4}		R_{j4}	
				Небезпечний чинник 5	B_{j5}	I_{nj5}	Tr_{j5}		R_{j5}	
				Небезпечний чинник 6	B_{j6}	I_{nj6}	Tr_{j6}		R_{j6}	
				Небезпечний чинник 7	B_{j7}	I_{nj7}	Tr_{j7}		R_{j7}	
				Небезпечний чинник 8	B_{j8}	I_{nj8}	Tr_{j8}		R_{j8}	
				Небезпечний чинник 9	B_{j9}	I_{nj9}	Tr_{j9}		R_{j9}	
				Небезпечний чинник 10	B_{j10}	I_{nj10}	Tr_{j10}		R_{j10}	
					...	...	...		...	
				Небезпечний чинник i	B_{ji}	I_{nji}	Tr_{ji}		R_{ji}	
				...	...	...	...		...	
				Небезпечний чинник n	B_{jn}	I_{njn}	Tr_{jn}		R_{jn}	
				Загальний первинний негативний ПР - R_j небезпеки j від всіх n чинників	$B_{j1} I_{nj1} Tr_{j1} \cdot C_{т} + + B_{ji} I_{nji} Tr_{ji} \cdot C_{т} + + B_{jn} I_{njn} Tr_{jn} \cdot C_{т}$			$R_j=R_{j1}+ ... + R_{jn}$		

Ступінь невизначеність залежить від моделі залежності, точності розрахунку, помилок [10]. Тому для підвищення достовірності оцінок необхідна детальна проробка шкал оцінювання, яке відбувається для конкретного підприємства з урахуванням його можливостей, технічних показників та вимог діючих нормативно-правових актів. З іншого боку, для визначення екологічного ризику виникає необхідність у встановленні вагомості екологічної небезпеки за відповідними критеріями, що допускають можливість різнобічного аналізу забруднень атмосферного повітря, ґрунтів та поверхневих водойм.

Важливо при розрахунку вагомості екологічних небезпек враховувати: небезпечність шкідливих речовин та чутливість до них природного середовища в локальному, регіональному та глобальному аспектах, оскільки від цих

показників залежать негативні екологічні наслідки. Крім того, необхідно встановити частоту та зворотність впливів, що дозволить зрозуміти, які відновлювальні процеси протікатимуть, що дозволить обґрунтувати запровадження технологій захисту довкілля у відповідності до рівня екологічного ризику.

Забруднення навколишнього середовища, спричинене діяльністю промислових організацій, становить серйозну загрозу для майбутнього, тому дослідження джерел забруднення для оцінки екологічних ризиків має значення для фундаментального вирішення екологічних проблем [11]. Запропонований підхід до розрахунку рівня екологічного ризику передбачає виявлення екологічної небезпечної події від екологічної небезпеки. При цьому потрібно виявити екологічну небезпеку, тоді як у стандарті ISO 14001 говориться про екологічні аспекти, які характеризують діяльність підприємства, що взаємодіє з навколишнім середовищем [12].

Виявлення екологічного аспекту дозволяє встановити екологічний вплив об'єкта господарювання на оточуюче навколишнє середовище, а також значних екологічних аспектів являється центром уваги системи управління навколишнім середовищем на будь-якому підприємстві чи території. Крім того, вони є базою для створення, оцінки та вдосконалення ключових показників, встановлення цілей та завдань, а також поточного процесу контролю та перегляду.

Разом з тим, зазначений підхід складно інтегрувати в існуючі в організаціях системи управління, де вже застосовується управління якістю виробництва, безпекою праці та ін. Це пов'язане зі складністю створення єдиної моделі щодо виявлення причинно-наслідкових зв'язків між невідповідністю рішень з управління та їх наслідками. Побудова інтегрованої системи управління на промислових підприємства є доволі затребуваною задачею. Її вирішення дозволяє значно спростити систему управління завдяки зменшенню документообігу, виключення однакових процедур та знизити фінансові витрати, але головною перевагою, таких систем, як вважають фахівці, є збільшення прозорості у при аналізі цілей, програм, процесів, і навіть оцінки ризиків у цих процесах на що вказує Vulanović, S. у своєму дослідженні [13]. Першим кроком

до розробки процесу керування ризиками в зазначених системах є виявлення зв'язку різних видів небезпек та втрат в організації (рис. 2.4).

З іншого боку існує достатня кількість різних досліджень, в яких намагаються порівнювати різні міжнародні системи з екологічної оцінки для класифікації інструментів і важливих показників, що викликає деякі труднощі для розробки стратегії підвищення результативності систем управління екологічною безпекою [14].

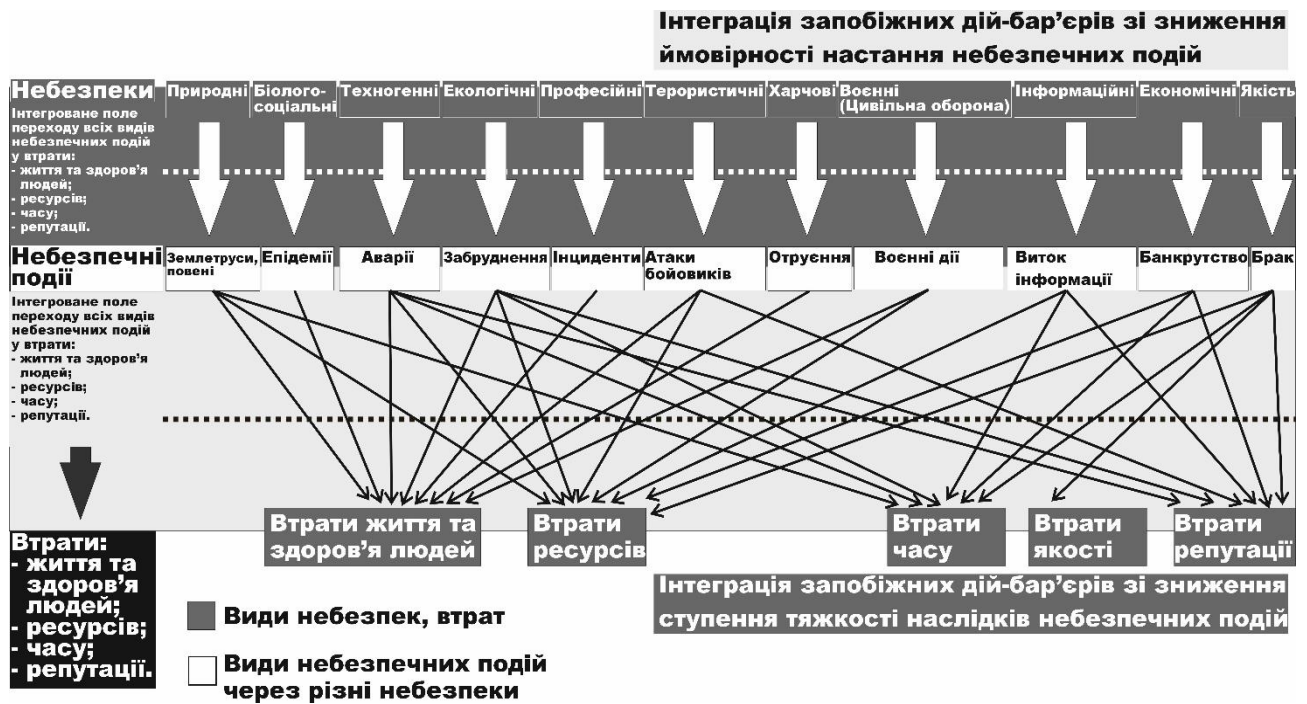


Рис. 2.4. Модель зв'язку різних видів небезпек та втрат

Однак різноманітність даних (наприклад, методології, обсягів, етапів) не дозволяє дійти консенсусу щодо категоризації цих інструментів [15]. Тому саме запропонований підхід з оцінки екологічної небезпеки дозволяє гарно поєднати всі небезпеки, загрози та невідповідності в єдину інтегровану систему і тим самим забезпечити єдиний підхід до їх управління, що являється особливістю запропонованого підходу від відомих. При цьому відбувається більша узгодженість дій усередині організації, підсилюючи синергетичний ефект, який полягає в тому, що загальний результат від узгоджених дій вищий, ніж сума окремих результатів.

У роботі представлені критерії оцінки екологічного ризику, які дозволяють оцінити фактори впливу на навколишнє середовище та розрахувати величину

екологічного ризику. Відмінністю запропонованого підходу в даному контексті є те, що оцінювання відбувається за показниками, які характеризують вплив на навколишнє середовище, включаючи токсичність та інтенсивність викидів в атмосферу, скидів у поверхневі водойми та впливу на ґрунти [16].

2.2. Розробка ієрархії технологій зменшення або усунення екологічних небезпек

Зазначений підхід можна застосовувати до будь-яких систем управління організацією як загалом, так і до кожного окремого елемента системи (якості, безпеки, екології, енергоменеджменту, тощо), що дозволяє чітко реалізувати поставлену задачу з довгострокового захисту довкілля. Для цього важливо проводити постійну ідентифікацію екологічних небезпек, екологічних небезпечних чинників, далі визначити і оцінити екологічні ризики через визначення причинно-наслідкових зв'язків між небезпеками, небезпечними чинниками та інцидентами та наслідками, небезпечними чинниками, та впливом на зниження екологічного ризику до прийнятного рівня обраних запобіжних і захисних технологій (рис. 2.5).

Наявність чотирьох складових сталої безпеки дозволяє сформувати цикл розвитку сталої екологічної безпеки через впровадження запобіжних/захисних технологій довкілля в системах екологічного менеджменту (рис. 2.6).

На першому кроці відбувається формування екологічних вимог через прийняття їх через законодавчі і нормативно-правові акти та запровадження технологій захисту довкілля згідно цих вимог. На другому – проводиться організація нагляду за виконанням законодавчих і нормативно-правових екологічних вимог і функціонування технологій захисту довкілля. На третьому – на основі виявлення можливих помилок проводимо корегувальні дії з усунення причин невідповідностей. На четвертому - відбувається прийняття управлінських рішень щодо необхідності зниження екологічних ризиків до прийнятного рівня, за рахунок впровадження нових і поліпшення існуючих технологій захисту довкілля. Після четвертого кроку переходимо до першого для

1. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ПРОМИСЛОВИЙ РЕГІОН ПРОМИСЛОВІ ПІДПРИЄМСТВА	2. ЕКОЛОГІЧНІ НЕБЕЗПЕКИ (Проблема) ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ ВІДХОДИ ТА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ	3. ІНЦИДЕНТИ (Небезпечні екологічні події) НЕБЕЗПЕЧНІ ІНЦИДЕНТИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НЕБЕЗПЕЧНІ ІНЦИДЕНТИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ НЕБЕЗПЕЧНІ ІНЦИДЕНТИ ВІД УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ТА ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ	4. НАСЛІДКИ ІНЦИДЕНТІВ	5. ЗАПОБІЖНІ І ЗАХОДИ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ Зменшення ймовірності настання екологічно небезпечної події Зменшення масштабів потенційного впливу екологічної небезпеки Зменшення інтенсивності прояву екологічної небезпеки Зниження інтенсивності забруднення довкілля Відновлення стану довкілля	6. РЕЗУЛЬТАТ ЗАПОБІЖНИХ І ЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ (Прийнятий екологічний ризик - чисте довкілля) Чисте повітря Чиста вода Чистий ґрунт
---	--	--	--------------------------------------	--	---

The diagram illustrates the components and interactions of the ecological security system. At the center is a circle labeled "ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ". Surrounding this central circle are eight rectangular boxes, each representing a component of the system. These components are arranged in a circular flow, connected by thick black arrows. The components are: "НОРМАТИВНА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА" (top), "ВИМОГИ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ" (top), "КОРЕГУВАННЯ НЕВІДПОВІДНОСТЕЙ" (right), "КОРЕГУВАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА" (bottom right), "КОРЕГУВАЛЬНІ ДІЇ" (bottom), "КОРЕГУВАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА" (bottom), "ЗАПОБІЖНА ДІЯ" (left), and "ЗАПОБІЖНА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА" (left). Red double-headed arrows connect the central circle to each of the eight surrounding boxes, indicating a bidirectional relationship. The boxes are color-coded: "НОРМАТИВНА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА" and "КОРЕГУВАННЯ НЕВІДПОВІДНОСТЕЙ" are dark grey; "ВИМОГИ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ" and "КОРЕГУВАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА" (bottom right) are light grey; "КОРЕГУВАЛЬНІ ДІЇ" and "КОРЕГУВАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА" (bottom) are white; and "ЗАПОБІЖНА ДІЯ" and "ЗАПОБІЖНА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА" are white.

Цикл для забезпечення сталої екологічної безпеки можна застосовувати як загалом, так і для кожної складової для пошуку найкращого рішення в кожному конкретному випадку. Наприклад, для формування вимог, на першому кроці аналізуємо нормативні документи, далі перевіряймо дієвість вимог виходячи із наявної ситуації, коригуємо вимоги за потреби, і на останньому кроці подаємо звернення до відповідних державних органів для вдосконалення нормативної бази. Схожий цикл існує і для запобіжної екологічної безпеки, але на основі

керування екологічними ризиками. Виявили необхідність застосування запобіжної технології, перевірили її дієвість, відкоригували у відповідності до визначених недоліків, далі у разі потреби вдосконалили чи замінили.

Разом з тим для підвищення результативності запобіжної екологічної безпеки виникає необхідність у розробці ієрархії технологій захисту довкілля у відповідності до вимог Директиви 2010/75/ЄС. Оскільки рівень розвитку сталої екологічної безпеки різний в промислових регіонах, то і можливості дієвого застосування різних запобіжних і захисних технологій буде неоднаковою. Для розробки ієрархії скористаємось принципом багатофакторного аналізу, що знаходиться в основі матриці Хеддона. Зазначена матриця дозволяє розподілити технології захисту довкілля за різними фазами настання екологічної небезпечної події, виходячи з умови, що зниження ризику досягається за рахунок послідовної взаємодії різних запобіжних і захисних технологій у кожній з фаз.

Матриця Хеддона (Haddon Matrix) аналізує події за двома фазами (до, і після інциденту) і трьома блоками впливу (людина – засіб/обладнання – середовище) [17, 18]. У нашому випадку доцільно зберегти три фази (до під час настання інциденту та після), а також переосмислити об'єкти впливу (табл. 1): джерело небезпеки / техногенний об'єкт, людина (персонал, населення), довкілля (вода, повітря, ґрунт, біота). Мета такого перетворення виявити які захисні технології доцільні на кожній фазі для запобігання або мінімізації наслідків екологічної небезпечної події. Структура матриці дозволяє кожному блоку (їх 9) описати ту технологію захисту, яка відповідає принципу найдоцільнішої, виходячи з превентивних технічних рішень (*попередження, реагування, ліквідація*), зменшення впливу людини (*навчання, захист, допомога*), та усунення впливу на природне середовище (*моніторинг, локалізація, відновлення*). Аналізуючи дані таблиці 2.8 вибудовуємо ієрархію технологій захисту довкілля за принципом пріоритетності превентивних рішень для не допущення інциденту і усунення наслідків при його настанні з мінімальними збитками (рис. 2.6).

Найбільш ефективні технології, усувають джерела екологічної небезпеки [19]. Тобто передбачають повне виключення причини виникнення екологічної небезпеки.

Таблиця 2.8. Матриця Хеддона у контексті екологічної безпеки

Фаза розвитку екологічної події	Технології захисту довкілля	Людина (персонал, населення)	Довкілля (вода, повітря, ґрунт, біота)
До події (попередження)	Впровадження технологій запобігання викидам і витокам; перехід на екологічно безпечні технології; регулярна діагностика обладнання	Підготовка персоналу, навчання діям у разі загрози, інструктаж з екологічної безпеки, евакуація людей за необхідності	Моніторинг стану довкілля, створення буферних зон, систем попередження забруднення, евакуація тварин за необхідності
Під час події (реагування)	Аварійне відключення, системи локалізації і герметизації; застосування бар'єрних або сорбційних технологій	Активізація аварійних команд; застосування засобів індивідуального та колективного захисту	Застосування систем локалізації забруднень (плаваючі бони, сорбенти, фіторе mediaційні пояси), оперативне інформування про загрози
Після події (ліквідація наслідків)	Ремонт і модернізація джерела; аналіз причин події, удосконалення технології	Надання допомоги постраждалим, відновлення психологічного стану, підвищення рівня екологічної культури	Рекультивация земель, очищення водойм, біоре mediaція, моніторинг відновлення екосистем

Приклади, повна відмова від використання токсичних реагентів; ліквідація застарілих потенційно небезпечних виробництв; рекультивация відвалів і полігонів, що є джерелами забруднення. До другого рівня відносяться технології заміни джерела екологічної небезпеки на безпечніші аналоги (субституційні технології). Прикладом може бути заміна розчинників на водорозчинні; використання біодеградууючих мастил; впровадження альтернативних технологій енергозбереження або безвідходного виробництва [20]. Третій рівень захисних технологій пов'язаний з інженерними рішеннями запобігання або зменшення ризиків впливу екологічної небезпеки. Такі рішення передбачають обґрунтування захисних технологій, що мінімізують можливість контакту небезпеки з об'єктами довкілля або людьми. До прикладів відносяться системи очищення викидів і стічних вод; локальні очисні споруди; фільтраційні бар'єри; геотехнічні екрани; автоматизовані системи контролю та попередження аварій [21, 22].



Рис. 2.6. Запропонована ієрархія технологій усунення екологічних небезпек або зниження їх ризиків з урахуванням матриці Хеддона

Четвертий рівень – це технології адміністрування, зменшення тривалості, частоти або інтенсивності впливу екологічної небезпеки. До них також відносяться організаційно-управлінські заходи, які спрямовані на обмеження часу, масштабу чи інтенсивності дії небезпечних екологічних чинників. Наприклад, регламентація графіка роботи потенційно небезпечного об’єкту; обмеження роботи об’єкта господарювання при несприятливих метеорологічних умовах; обмеження зон впливу забруднень від виробничої діяльності [22].

П’ятий рівень технології колективного та індивідуального захисту від впливу екологічних небезпек. Вони спрямовані на мінімізацію наслідків впливу екологічної небезпеки для конкретної людини чи конкретної природної системи. Для прикладу – це екологічні бар’єри; засоби індивідуального захисту при роботі у зонах забруднення; біотехнологічні методи нейтралізації наслідків впливу екологічної небезпеки (біодеструктори, фіторе mediaція, біодеградація) [23]. Після настання інциденту. Важливо забезпечити технології реагування та

утримання розвитку екологічної небезпечної події (локалізація, швидко розгортальні захисні бар'єри) для її локалізації у власних межах [24]. Наступний рівень – це ліквідація наслідків небезпечної екологічної події (нейтралізація, сорбція, дезактивація, бонові загородження та інше) [25, 26]. І останній рівень – це технології відновлення зруйнованих (пошкоджених) екосистем, які дозволяють повернути їм функціональність за станом максимально наближеним до настання інциденту (промивання ґрунту, інкапсуляція, біостимуляція, фіторе mediaція та інше) [27].

Отже, верхня частина розробленої ієрархії захисних технологій від екологічних небезпек являє собою систему пріоритетів у виборі технологічних рішень. Вони спрямовані спочатку на усунення, запобігання, потім зниження негативної дії або обмеження, а також безпосереднього захисту від впливу небезпеки на довкілля. Нижня частина – це технології з локалізації, ліквідації та відновлення довкілля після настання інциденту.

Аналізуючи ієрархію захисних технологій можна виділити три зони відповідальності. Перша - суб'єкта господарювання, який забезпечує усунення або мінімізацію екологічного ризику на стадії проектування і функціонування; заміщення небезпечних процесів; адміністративний та технічний контроль. Друга - перехідна фаза – реагування, як суб'єкта господарювання, так і державних служб (ДСНС, Держекоінспекція, органів місцевого самоврядування). Третя – тільки державних органів.

Крім того, запропонована ієрархія поєднує профілактичні, оперативні й відновлювальні підходи, виходячи з логіки розвитку екологічно небезпечної події та змісту технологій. На першій фазі – зменшення ймовірності настання екологічно небезпечної події відбувається через усунення або мінімізацію впливу небезпечних чинників та умов виникнення небезпечної події. На другій фазі – зменшення потенційного впливу екологічної небезпеки, відбувається за рахунок посилення дієвості інженерних рішень. Також завдяки застосуванню технологій колективного та індивідуального захисту довкілля. Це фаза попередження негативного впливу – коли подія вже реалізується або починає проявлятися, але ще не перейшла у масштабне забруднення. На третій фазі відбувається

зменшення інтенсивності прояву екологічної небезпеки, стримування розвитку небезпечної екологічної події. Четверта фаза – зниження інтенсивності забруднення довкілля, реагування, локалізація події. Передбачає оперативне реагування на подію, та застосування екстрених аварійних дій. П'ята фаза – відновлення стану довкілля, ліквідація наслідків, рекультивація, реабілітація, реабілітація територій.

Розуміння сталої екологічної безпеки передбачає не лише дбайливе управління природними, енергетичними та техногенними ресурсами, а й формування таких умов господарювання, за яких мінімізується ризик виникнення екологічно небезпечних подій (рис. 2.7)

Йдеться про гармонійне поєднання економічного розвитку, екологічної відповідальності та соціального добробуту населення регіону. Сучасні тенденції урбанізації, інтенсифікації промисловості та зміни клімату зумовлюють появу нових екологічних викликів, що потребують не реактивних, а проактивних механізмів екологічного управління. У цьому контексті стала екологічна безпека розглядається як динамічна система, що постійно вдосконалюється відповідно до принципів циклу Шухарта–Демінга (PDCA) – через планування, реалізацію, оцінку та поліпшення природоохоронних дій.

2.3. Приклад оцінювання екологічного ризику в системі управління екологічною безпекою підприємства на прикладі АЗС

Для прикладу з визначення екологічного ризику розглянемо автозаправну станцію, яка знаходиться в м. Дніпро на вул. Василя Сухомлинського, 74. Початкові дані для розрахунку ризику можливого проливу бензину при перекачуванні в резервуар з автоцистерни, наведено в табл. 2.9.

Для оцінки ризику залучались чотири експерти, вимоги до освіти та компетенції описані у роботі [18].



Рис. 2.7. Вдосконалена модель керування екологічними ризиками

Стаж роботи експертів був не менше 6 років на АЗС в сфері безпеки праці. Кожному з експертів пропонувалось визначити відповідні бали, які представлені в таблицях 1-4, виходячи із визначених небезпечних чинників виставляв бали з визначення ймовірності настання небезпечної події, інтенсивності та тривалості можливого проливу бензину.

Таблиця 2.9. Вихідні дані для розрахунку екологічного ризику забруднення навколишнього середовища через пролив бензину при перекачуванні в резервуар з автоцистерни

Види вихідних даних	Опис основних характеристик
Тип бензину	А92, ГДК _{мр} , 5,0 мг/м ³ ; ГДК _{сд} , 1,5 мг/м ³ Клас безпеки 2
Тип зберігання палива	Підземне розташування резервуарів зберігання пального, технологічна схема характеризується розміщенням паливо-роздавальних колонок над блоком зберігання палива, виконаним як єдиний заводський виріб.
Розміщення	Біля в'їзду/виїзду в населений пункт Ювілейний в комунально-складській зоні.
Транспортування нафтопродуктів	Відбувається автомобільним транспортом.
Прийом нафтопродуктів	Відбувається через зливний фільтр самотоком при в присутності оператора АЗС, який контролює герметичність зливного обладнання.
Контроль	Наявність датчиків контролю рівня нафтопродуктів показниками наповнення на резервуарах.
Клімат	Помірний: середньодобова температура коливається від – 3 °С взимку до 40,9 °С влітку; сила вітру знаходиться в діапазоні від 6 до 24 м/с, переважно південний напрям
Наявність захисного обладнання	Облаштування бетонної онови підземних резервуарів та їх повна гідроізоляція; покриття трубопроводів та резервуарів гідроізоляцією посиленого типу

Встановлені бальні оцінки за кожним небезпечним чинником осереднювались і заносились у відповідну таблицю для подальших розрахунків. Розрахунки балів та визначення невідповідності вимірювань проводили в програмі Microsoft Excel 2019. Викиди були перевірені за допомогою Z-показників, і всі значення були в межах ≤ 2 , $p < 0,05$.

Небезпечна подія – вибух палива характеризується чотирма вражаючими чинниками: повітряною ударною хвилею, потужним тепловим випромінюванням, обсягом газоподібних продуктів, що утворюються при вибуху та розлітанням уламків від зруйнованих будівель, тобто визначаються як вторинні небезпеки. Отже виникає задача встановлення комплексних наслідків, які можна визначити як зону сумарної дії всіх вражаючих чинників вибуху, що

призводять до загибелі або травмування людей та руйнування інфраструктури (рис. 2.8).

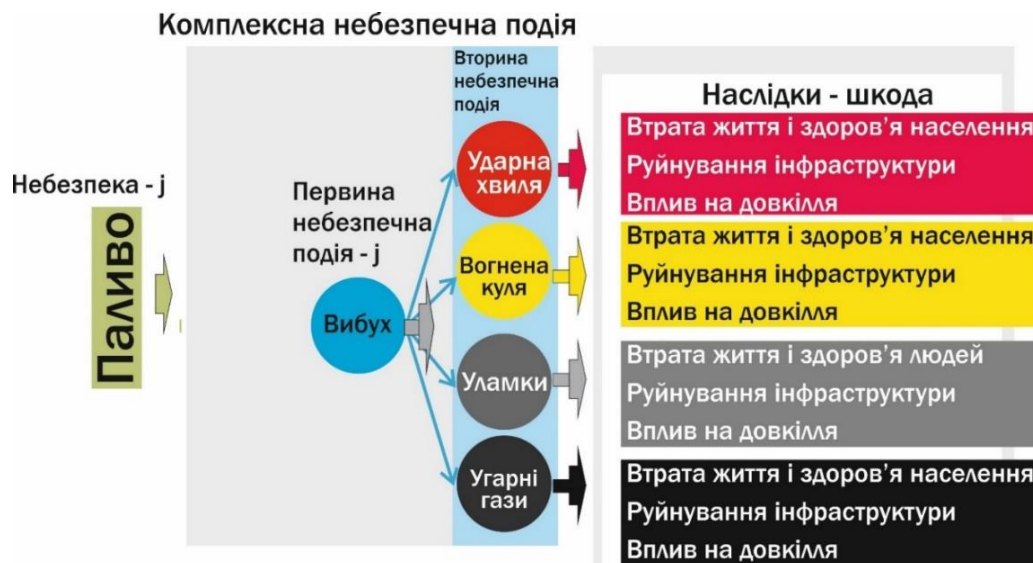


Рис. 2.8. Модель причино-наслідкового зв'язку: «небезпека» – «небезпечна подія» – «наслідки» [28]

Для визначення межі прийнятності рівня ризику пропонується розраховувати межі зон ураження від вражаючих небезпечних чинників первинної небезпечної події (рис. 2.9).

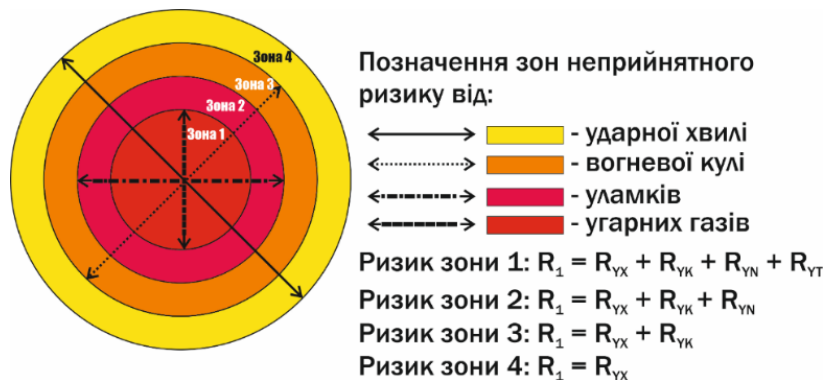


Рис. 2.9. Межі неприйнятного ризику, які розраховуються за зонами дії вражаючих небезпечних чинників первинної небезпечної події

Рекомендуємо для визначення шкали тяжкості наслідків встановити втрати, які значною мірою зазначаються в [28], як збитки:

- заподіяні сталому функціонуванню інфраструктури з урахуванням витрат на локалізацію і ліквідацію аварії (Z_i);
- заподіяні екологічною шкодою шляхом забруднення атмосфери, поверхневих вод, ґрунтів та ресурсам, зокрема, земельним, водним, корисній або заповідній флорі та фауні, лісовому фонду або рослинності (Z_e);

- заподіяні втратами життя або здоров'ям персоналу об'єкту (Зп).

Загальний збиток розраховуватиметься за формулою:

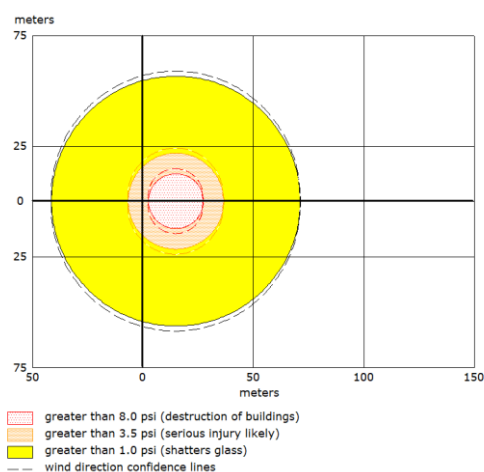
$$Зз = Зі + Зе + Зп$$

Для розрахунку наведених складових загального збитку можна скористатись Методикою оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, яка затверджена постановою Кабміну від 4 червня 2003 року № 862. (або методикою МНС від 2022 р). При цьому пропонується тяжкість наслідків від вибуху оцінювати за 6-ти бальною шкалою (табл. 2.10), де критерієм прийнятності буде виступати рівень втрати загального доходу організації (підприємства).

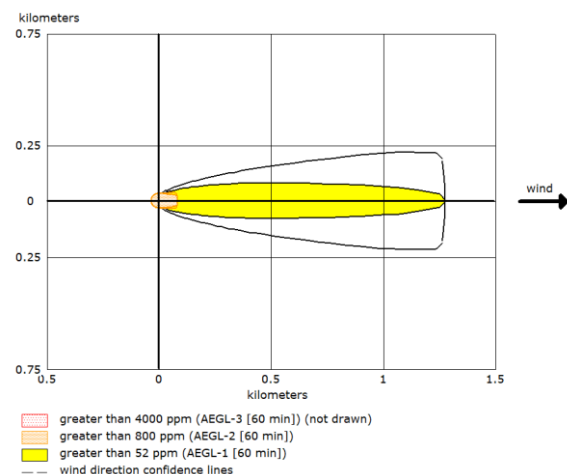
Таблиця 2.10. Тяжкість наслідків від вибуху небезпечної речовини (рівні, характеристики та оцінювання)

№ з/п	Рівень тяжкості наслідків від вибуху	Характеристики небезпечних зон	Бальна оцінка
1	Незначні пошкодження майна та інфраструктури організації, відсутність пошкоджень цивільної інфраструктури населення, відсутність постраждалих серед працівників та населення.	Рівень збитку не перевищує 1 % від загального доходу підприємства	1
2	Дрібні пошкодження майна та інфраструктури організації, дрібні пошкодження цивільної інфраструктури, наявність незначних травм персоналу відсутність загиблих серед персоналу і постраждалих цивільного населення.	Рівень збитку не перевищує 10 % від загального доходу підприємства	2
3	Помірні пошкодження майна та інфраструктури організації, помірні пошкодження цивільної інфраструктури, наявність серйозних травм у персоналу, відсутність загиблих серед цивільного населення наявність легких травм постраждалих цивільного населення.	Рівень збитку не перевищує 25 % від загального доходу підприємства	3
4	Значні пошкодження майна та інфраструктури організації, помірні пошкодження цивільної інфраструктури, наявність смертельних травм у персоналу, наявність легких/середньої тяжкості травм серед цивільного населення.	Рівень збитку не перевищує 50 % від загального доходу підприємства	4
5	Катастрофічні пошкодження майна та інфраструктури організації, значні пошкодження цивільної інфраструктури, наявність смертельних травм у персоналу, тяжких травм серед цивільного населення.	Рівень збитку не перевищує 100 % від загального доходу підприємства	5
6	Катастрофічні пошкодження майна та інфраструктури організації, цивільної інфраструктури, наявність смертельних травм у персоналу та серед цивільного населення.	Рівень збитку перевищує 100 % від загального доходу підприємства	6

Щоб обчислити радіуси зон ураження інфраструктурних об'єктів, зображених на рис. 2.9, які виникають унаслідок дії ударної хвилі, інтенсивності теплового випромінювання та забруднення газоподібними продуктами, утвореними внаслідок вибуху небезпечної хімічної речовини, рекомендується застосовувати програмне забезпечення ALOHA [18]. Ця програма інтегрує моделі інтенсивності джерела забруднення з моделями дисперсії, забезпечуючи оцінку просторових параметрів хмар легкозаймистих парів та потенційно вибухонебезпечних речовин. Для проведення моделювання визначаємо ключові вхідні дані: тип і геометричні характеристики резервуару для зберігання небезпечної речовини її хімічний склад, об'єм або масу, а також кліматичні умови. Технічні характеристики резервуару: діаметр: 1,7011 м, довжина: 11 м, об'єм: 25 000 л при різних умовах навколишнього середовища (температури повітря, яка змінюється від 0 – до 30 0C; швидкості вітру від 0 до 20 м/с). Рівень можливих втрат визначимо за силою вибуху, який змодельовано програмою ALOHA, що пов'язує моделі потужності джерела з моделлю дисперсії, щоб оцінити просторовий розмір легкозаймистих парів і вибухонебезпечних хмар парів (рис. 2.10) [14, 18].



a



б

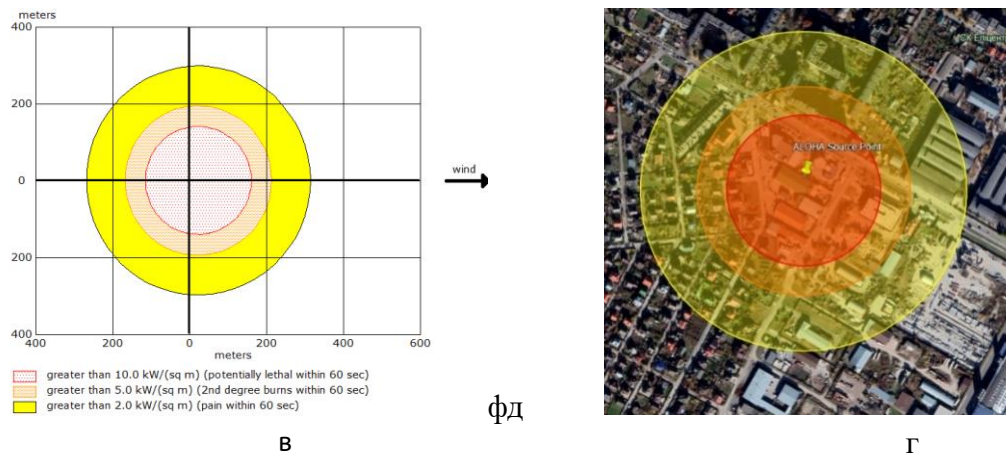


Рис. 2.10. Розрахунок площ розповсюдження ударної хвилі (а), інтенсивності випромінювання (б), забруднення навколишнього середовища (в), загальної площі пошкоджень на АЗС (г)

Покроковий аналіз з визначення наслідків небезпечної події та встановлення загального рівня ризику від кожної втрати наведено в табл. 2.11.

Основні операції, пов'язані з обробкою небезпечних речовин на АЗС, переважно включають прийом та видачу паливно-мастильних матеріалів для автотранспортних засобів. Серед ключових потенційно ризикованих процесів можна виділити такі: прийом палива (зливання з автомобільної цистерни до резервуарів через спеціальні зливні муфти), його зберігання в резервуарах, а також заправку легкових і вантажних автомобілів через паливо-роздавальні колонки (ПРК). Найвищий рівень потенційної загрози становить руйнування або порушення герметичності автоцистерни, що призводить до викиду бензину.

У разі формування вибухонебезпечної та пожежонебезпечної концентрації суміші парів бензину з повітрям за наявності ініціатора запалення, відбувається вибух цієї суміші. Радіус зони ураження від ударної хвилі залежить від маси вибухонебезпечної суміші парів бензину, яка, своєю чергою, визначається об'ємом вилиту палива. Вибух усередині автоцистерни, за інтенсивністю уражаючих факторів, є менш руйнівним порівняно з вибухом над великим виливом бензину, проте наслідки такої аварії можуть набути катастрофічного масштабу для довкілля. Варто наголосити, що інвестиції у впровадження процедур оцінювання тяжкості наслідків вибуху палива в автоцистерні можуть виявитися високоефективними з економічної перспективи.

Таблиця 2.10. Ідентифікація небезпеки вибуху пального на прикладі АЗС

№ небезпеки	Ідентифікація				Первинний аналіз – визначення рівня ризику по кожному НЧ та ризику і оцінка ризику по втратам економічних, екологічних і життя і здоров'я робітників									
	Небезпека	Небезпечна подія	Негативні наслідки від економічних, екологічних втрат та втрат життя здоров'я людини	Вплив на ймовірність настання небезпечної події та/або на тяжкість наслідків небезпечної події	Ймовірність настання небезпечної події від НЧ по кожному негативному наслідку	Ступінь тяжкості від настання небезпечної події кожного НЧ по кожному негативному наслідку			Рівень ризику від настання небезпечної події кожного НЧ по кожному негативному наслідку			Оцінка ризику небезпеки - j по кожному НЧ - і по кожному негативному наслідку		
						Руйнування інфраструктури	Втрати життя і здоров'я персоналу	екологічні	Руйнування інфраструктури	Втрати життя і здоров'я персоналу	екологічні	Руйнування інфраструктури	Втрати життя і здоров'я персоналу	екологічні
j	Пальне	Вибух пального	Порушення нормальної економічної та фінансової діяльності організації, порушення життєдіяльності в екосистемі травми, професійні захворювання, які є наслідком нещасного випадку	Людський чинник – відсутність компетентного персоналу	5	5	4	3	25	20	15	Нпрн	Нпрн	Пр
				Технічний чинник – конструктивні недоліки резервуарів	3	5	4	3	15	12	9	Пр	Пр	Пр
				Технічний чинник – несправність систем контролю за зливом пального	3	5	4	3	15	12	9	Пр	Пр	Пр
				Технічний чинник – несправність запобіжними клапанами, вогневими запобіжниками	3	5	4	3	15	12	9	Пр	Пр	Пр
				Організаційний чинник – відсутність контролю за звітуванням про проведені заходи	3	5	3	3	15	9	9	Пр	Пр	Пр
				Загальний ризик від небезпек за типами втрат					91	93	83	Нпрн	Нпрн	Непрн

Запропонований підхід з оцінювання наслідків небезпечних екологічних подій на основі визначення збитків, які заподіяні сталому функціонуванню інфраструктури дозволяє своєчасно застосувати захисні технології довкілля. Також проводячи розрахунок фінансових витрат на локалізацію і ліквідацію можливої аварії з екологічною шкодою можна обґрунтувати доцільність таких запобіжних технологій для недопущення небезпечної події.

2.4. Особливості процесу керування екологічними ризиками в інтегрованих систем управління

Інтегрована система менеджменту (Integrated Management System, IMS) визначається як набір взаємопов'язаних процесів, що використовують єдиний фонд людських ресурсів, інформації, матеріалів, інфраструктури та фінансових ресурсів для досягнення поставлених цілей, щодо задоволення різноманітних зацікавлених сторін [29]. Основою такої системи являється процес керування ризиками, які дозволяють ідентифікувати небезпеки, й оцінити їх ризики, які в свою чергу приводять до наслідків-втрат: екологічних, економічних та соціальних (здоров'я людини) втрат (рис. 2.11).

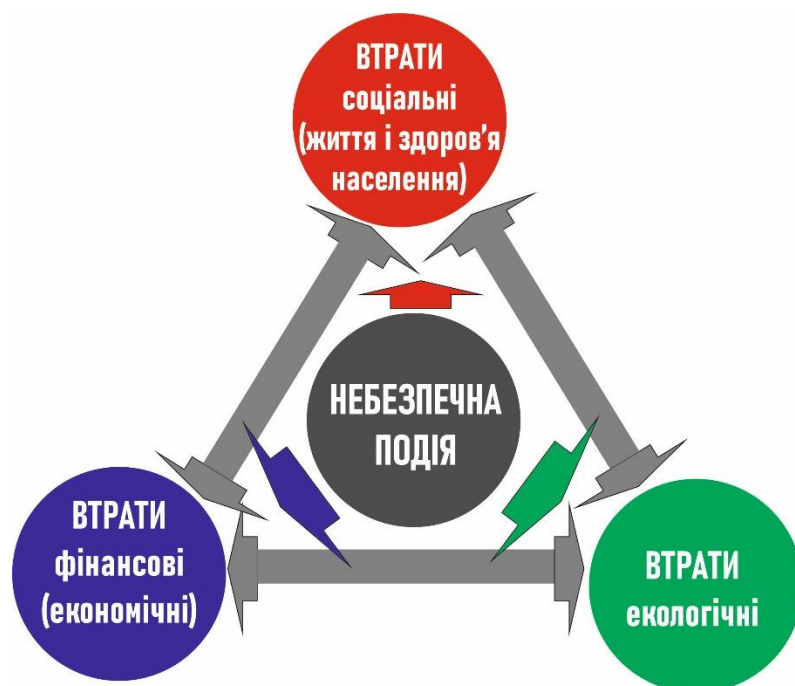


Рис. 2.11. Модель концепції тріади втрат від небезпечної події

В результаті з'являється можливість обґрунтувати й забезпечити захисні й запобіжні заходи щодо забезпечення стійкості організації в мінливих умовах [30], виходячи з вимог Концепції сталого розвитку [31]. Іншими словами метою керування ризиками являється передбачення розвитку негативних подій під дією різних видів руйнівних небезпек та небезпечних чинників та пошук заходів у зменшенні їх ризиків (екологічних, соціальних і економічних). Звідси стає зрозумілим необхідність побудови процесу керування ризиками в організації, як інструментарію, щодо пошуку конструктивних рішень з дієвого керування економічних, екологічних і соціальних ризиків в системах управління організацій [32].

Створення дієвої інтегрованої системи управління базується, перш за все, на зменшенні втрат від різних небезпек і небезпечних подій [33], збільшенні прибутку [34], ідентифікації та залучення нових споживачів [35], зміцненні позицій на ринку [36], підготовки персоналу [37], безпеки технологічних процесів [38], зменшенні відходів [39], а також пошуку шляхів для майбутнього розвитку бізнес-процесів [40]. При цьому інтеграція систем управління, як бачимо, є закономірним етапом розвитку, що створює нові можливості для організацій, призводить також до потреби в особливому керуванні ризиками від різних небезпек через відмінності наслідків, відповідно і фінансових витрат для їх зменшення. Це формує задачу з визначення пріоритетних напрямків зі зниження ризиків в умовах обмеження фінансових ресурсів [41].

Для розробки процесу керування ризиками небезпечної події з урахуванням тріади втрат, а саме: екологічних, життя та здоров'я персоналу, а також фінансових, візьмемо за основу найбільш поширену модель «криватка-метелик», яка дозволяє встановити причинно-наслідковий взаємозв'язок між небезпекою – небезпечною подією і тяжкістю наслідків. Враховуючи, що кожна небезпечна подія може призвести одночасно до економічних, екологічних та життя та здоров'я працівників втрат модель криватка-метелик можна представити у наступному вигляді (рис. 2.12). При цьому рівень ризику визначається з урахуванням значущості кожного виду втрат, в тому числі і під впливом різних груп небезпечних чинників [42] і екологічних аспектів. Останні

визначаються через діяльність організації, яка може спричинити чи негативний чи позитивний вплив на навколишнє середовище.

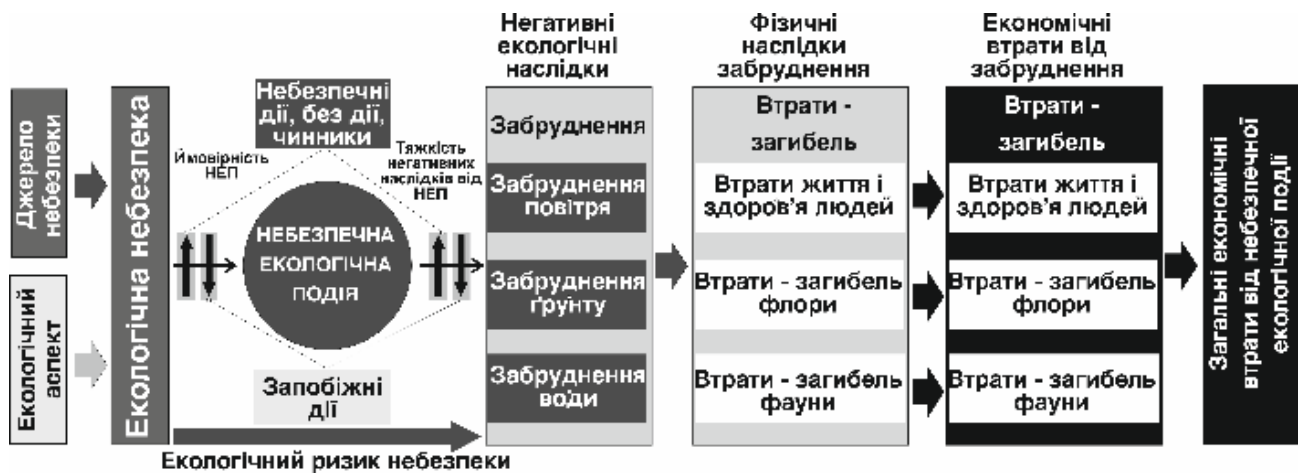


Рис. 2.12. Модель взаємозв'язку екологічного аспекту – джерела небезпеки (джерела можливості) і небезпечної екологічної події (несприятливої екологічної події)

Наприклад, викиди деревного пилу та газів у процесі виробництва паперу можуть спричинити забруднення екосистеми та посилити парниковий ефект. Іншими словами, існує певний поріг інтенсивності діяльності організації, за яким виникає потенційна небезпека. З цього випливає взаємозв'язок між екологічним аспектом і екологічною небезпекою, який проявляється через наявність дій та процесів, здатних впливати на стан навколишнього природного середовища. Таким чином, екологічний аспект, досягнувши певної критичної межі, може перетворюватися на джерело екологічної небезпеки, що несе в собі загрозу для довкілля. У цьому контексті виявляється причинно-наслідковий ланцюг між екологічним аспектом (як діяльністю організації, що потенційно змінює навколишнє середовище) та небезпекою (тобто критичним накопиченням наслідків такої діяльності на довкілля), яка за певних умов може призвести до настання небезпечної події. З іншого боку, екологічний аспект також асоціюється з позитивними екологічними подіями через створення джерела можливостей – умов для виникнення сприятливих обставин, що призводять до покращенню стану навколишнього середовища. Враховуючи, що кожна небезпечна подія може

одночасно спричиняти забруднення повітря, води та ґрунту, модель «краватка-метелик» (bow-tie) доцільно представити у форматі з різними наслідками (рис. 2.13).

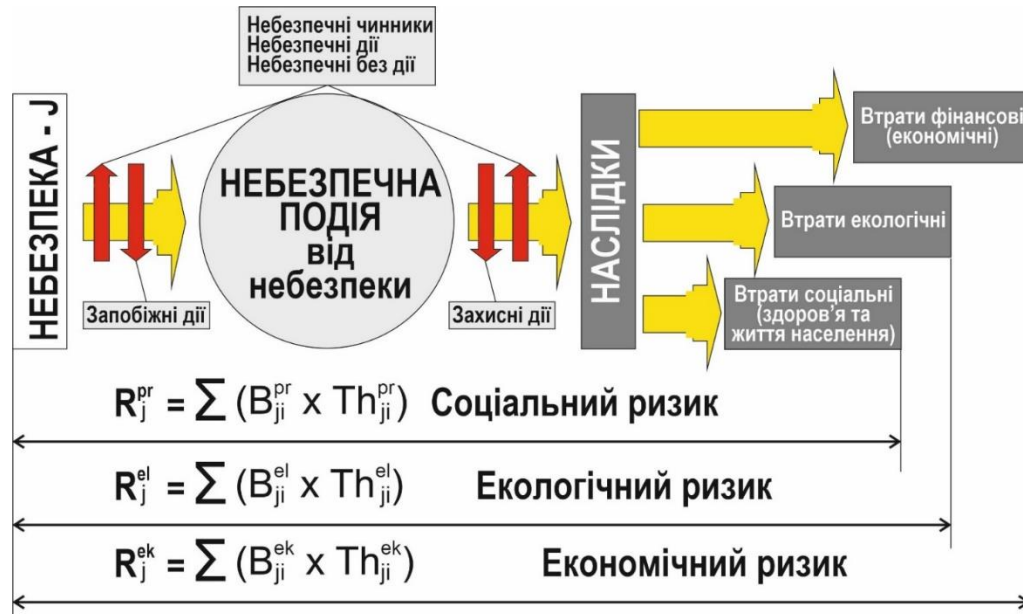


Рис. 2.13. Модель керування ризиками з різними наслідками від небезпеки

При цьому рівень ризику оцінюється з урахуванням значимості кожного типу втрат, зокрема під впливом різноманітних груп небезпечних факторів. Звідси кожна екологічна небезпека - j приводить трьох ризиків: економічних, екологічних та професійних:

$$\begin{aligned}
 R_j^{ek} &= \sum_{i=1}^n (B_{ji} \times TH_{ji}^{ek}) \\
 R_j^{el} &= \sum_{i=1}^n (B_{ji} \times TH_{ji}^{el}) \\
 R_j^{pr} &= \sum_{i=1}^n (B_{ji} \times TH_{ji}^{pr})
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

де $R_j^{ek}; R_j^{el}; R_j^{pr}$ – рівень відповідного ризику: економічного, екологічного та професійного ризику небезпеки j від небезпечних чинників i ; B_{ji} – ймовірність настання небезпечної події від небезпеки j під впливом небезпечного чинника; $TH_{ji}^{ek}; TH_{ji}^{el}; TH_{ji}^{pr}$ – ступень тяжкості від економічних, екологічних та втрат втрат життя та здоров'я працівників від настання небезпечної події, яка виникла від небезпеки j під впливом небезпечного чинника i .

Алгоритм керування ризиками з різними видами втрат представлено на рис. 2.14. Його відмінністю від відомих являється необхідність виявлення тяжкості економічних, екологічних втрат та втрат життя та здоров'я працівників від кожної виявленої небезпеки з урахуванням впливу різних небезпечних чинників.

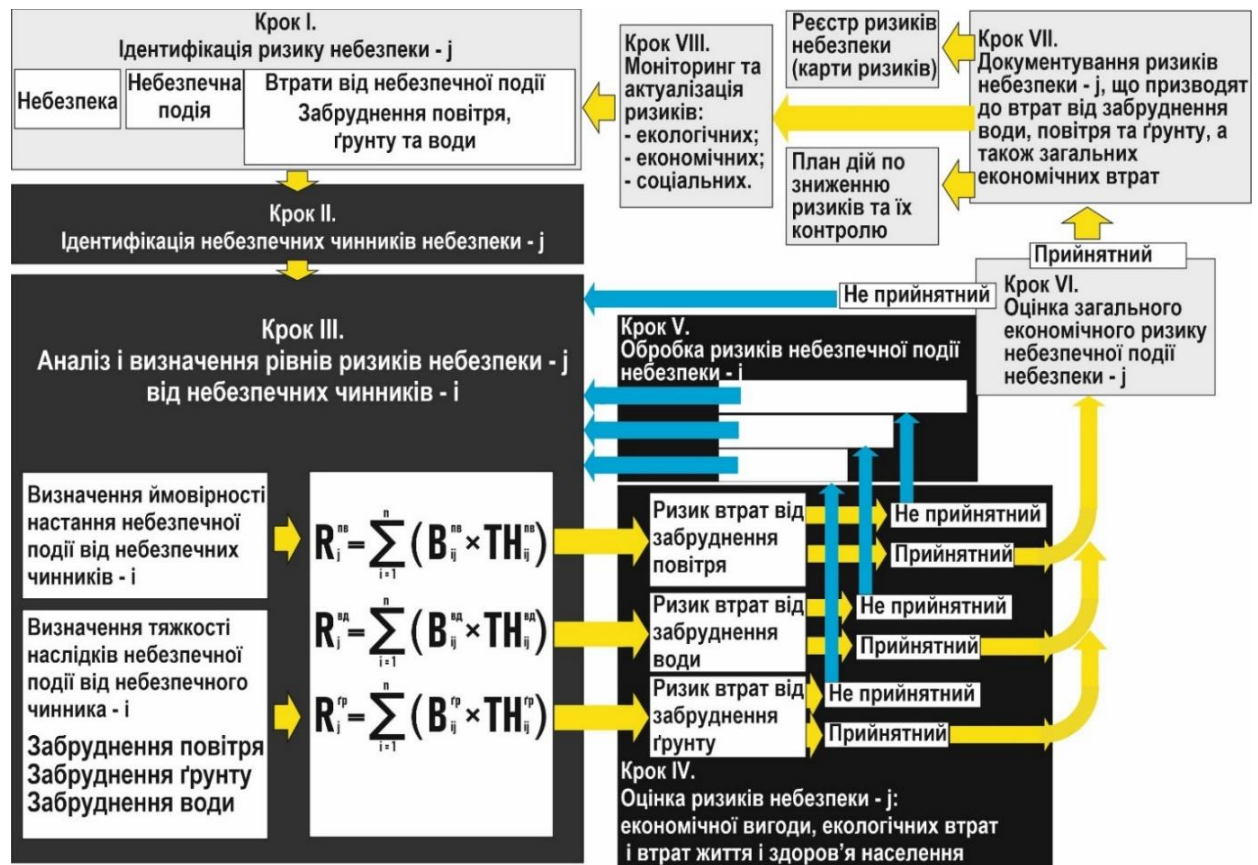


Рис. 2.14. Алгоритм керування ризиками від небезпеки-j

Форма для ідентифікація всіх небезпек, з урахуванням впливу небезпечних чинників (НЧ) аналіз та оцінка величини ризику від небезпек по кожному негативному наслідку для визначення рівня ризику як прийнятного чи неприйнятного наведена в таблиці 2.12. Опишемо кожен крок керування ризиками. На першому – проводимо ідентифікацію складових ризику: небезпек – небезпечної події та негативних наслідків за економічними, екологічними та професійними наслідками. Зважаючи, що найчастіше в компаніях впроваджують таку комбінацію стандартів – ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 можна виділити наступні групи небезпек природні; біолого-соціальні;

техногенні; екологічні; професійні; інформаційні; економічні; терористичні; воєнні; економічні, якості.

Таблиця 2.12. Форма для ідентифікація небезпеки - j , НЧ, аналіз та оцінка ризику від небезпеки - j при умові, що рівень ризику прийнятний Pr /не прийнятний N_{pr} для наслідків НП: втрат економічних, екологічних і життя і здоров'я робітників

№ небезпеки	Ідентифікація				Первинний аналіз – визначення рівня ризику по кожному НЧ та ризику і оцінка ризику по втраті економічних, екологічних і життя і здоров'я робітників									
	Небезпека	Небезпечна подія	Негативні наслідки від економічних, екологічних втрат та втрат життя здоров'я людини	Вплив на ймовірність настання небезпечної події та/або на тяжкість наслідків небезпечної події	Ймовірність настання небезпечної події від НЧ по кожному негативному наслідку	Ступінь тяжкості від настання небезпечної події кожного НЧ по кожному негативному наслідку			Рівень ризику від настання небезпечної події кожного НЧ по кожному негативному наслідку			Первинна оцінка ризику небезпеки - j по кожному НЧ - і по кожному негативному наслідку		
						економічному	екологічному	професійному	економічному	екологічному	професійному	економічному	екологічному	професійному
j	Небезпека на робочому місці	Нещасний випадок під час виконання виробничої діяльності	Порушення нормальної економічної та фінансової діяльності організації, порушення життєдіяльності в екосистемі травми, професійні захворювання, які є наслідком нещасного випадку	НЧ 1		Тек _{j1}	Тел _{j1}	Тп _{j1}	Рек _{j1}	Рел _{j1}	Рп _{j1}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 2		Тек _{j2}	Тел _{j2}	Тп _{j2}	Рек _{j2}	Рел _{j2}	Рп _{j2}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 3		Тек _{j3}	Тел _{j3}	Тп _{j3}	Рек _{j3}	Рел _{j3}	Рп _{j3}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 4		Тек _{j4}	Тел _{j4}	Тп _{j4}	Рек _{j4}	Рел _{j4}	Рп _{j4}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 5		Тек _{j5}	Тел _{j5}	Тп _{j5}	Рек _{j5}	Рел _{j5}	Рп _{j5}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 6		Тек _{j6}	Тел _{j6}	Тп _{j6}	Рек _{j6}	Рел _{j6}	Рп _{j6}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 7		Тек _{j7}	Тел _{j7}	Тп _{j7}	Рек _{j7}	Рел _{j7}	Рп _{j7}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 8		Тек _{j8}	Тел _{j8}	Тп _{j8}	Рек _{j8}	Рел _{j8}	Рп _{j8}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 9		Тек _{j9}	Тел _{j9}	Тп _{j9}	Рек _{j9}	Рел _{j9}	Рп _{j9}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 10		Тек _{j10}	Тел _{j10}	Тп _{j10}	Рек _{j10}	Рел _{j10}	Рп _{j10}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				НЧ 11		Тек _{j11}	Тел _{j11}	Тп _{j11}	Рек _{j11}	Рел _{j11}	Рп _{j11}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				...		...	...	...	...	...	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр	
				НЧ i		Тек _{ji}	Тел _{ji}	Тп _{ji}	Рек _{ji}	Рел _{ji}	Рп _{ji}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				...		...	...	...	...	...	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр	
				НЧ n		Тек _{jn}	Тел _{jn}	Тп _{jn}	Рек _{jn}	Рел _{jn}	Рп _{jn}	Пр/Нпр	Пр/Нпр	Пр/Нпр
				Загальний ризик від небезпек за типами втрат						∑Рек _{ji}	∑Рел _{ji}	∑Рп _{ji}	Пр/Нпр	Пр/Нпр

Кожна небезпека призводить до певної небезпечної події, наслідки, якої розділяємо на економічні, екологічні та професійні. На **першому кроці** керування ризиками важливо встановити взаємозв'язок між небезпекою, небезпечною подією і наслідками, які впливають на діяльність організації [43]. Аналіз вітчизняних нормативних документів дозволив розробити відповідний реєстр небезпек (див. табл. 2.13), які характеризуються різними втратами.

Таблиця 2.13. Аналіз наслідків від небезпек різної природи

№	Група (вид) небезпек	Небезпечні події	Наслідки		
			Економічні втрати	Екологічні втрати	Професійні втрати
1.	Природні [47]	Геологічні (землетрус, потік лави, обвал гірських порід) Гідрогеологічні (повінь, затоплення, сель). Метрологічні (вихор, ураган, шторм, злива, заморозки)	Руйнування та знищення матеріальних цінностей	Порушення системи життєдіяльності людини	Загибель, травмування персоналу, фізичне і психічне виснаження
2.	Біолого-соціальні [48]	Епідемія (грип, ковід, туберкульоз) Епізоотія (пташний грип, африканська чума, сказ) Епіфітотія	Фінансові втрати	Погіршення стану біоти, захворювання, загибель людей	Загибель, персоналу, фізичне і психічне виснаження
3.	Техногенні [49]	Промислові аварії (радіоактивне, хімічне, біологічне забруднення) Пожежі Вибухи (ударна хвиля) Транспортні (автомобільні, залізничні, повітряні.)	Руйнування та знищення матеріальних цінностей	Забруднення довкілля шкідливими речовинами, які перевищують допустимі концентрації у повітрі, воді та ґрунтах	Загибель, травмування персоналу, переживання стресу, фізичне виснаження
4.	Екологічні [50]	Забруднення (абіотичні, біотичні, антропогенні)	Руйнування та знищення матеріальних цінностей, фінансові втрати	Забруднення довкілля шкідливими речовинами, які перевищують допустимі концентрації у повітрі, воді та ґрунтах	Загибель, травмування мешканців прилеглих до підприємства селітебних зон

Продовження таблиці 2.13

5.	Професійні [51]	Інциденти, нещасні випадки, професійні захворювання	Фінансові втрати	Забруднення довкілля шкідливими речовинами, які перевищують допустимі концентрації у повітрі, воді та ґрунтах	Загибель, травмування персоналу, переживання стресу, фізіологічне перенапруження
6	Терористичні [52]	Атаки на людей, інфраструктуру, транспортні системи та ін.	Руйнування та знищення матеріальних цінностей	Забруднення довкілля шкідливими речовинами, концентрації яких перевищують допустимі рівні у повітрі, воді та ґрунтах	Загибель, травмування персоналу, переживання стресу, фізичне виснаження
7	Воєнні [53]	Воєнні дії	Руйнування та знищення матеріальних цінностей	Забруднення довкілля шкідливими речовинами, концентрації яких перевищують допустимі рівні у повітрі, воді та ґрунтах	Загибель, травмування значної кількості людей, збільшення психологічного напруження переживання стресу, фізичне виснаження
8	Інформаційні [54]	Витік з підприємств комерційної інформації або недостатнє оповіщення	Втрата прибутку	Зменшення витрат на запобіжні і захисні заходи з екологічної безпеки	Переживання стресу
9.	Економічні [55]	Організаційні помилки Зниження попиту Зміна валют Втрата ліцензій Неповорнення кредиту, банкрутство	Втрата прибутку	Зменшення витрат на запобіжні і захисні заходи з екологічної безпеки	Зменшення фінансування запобіжних і захисних заходів у сфері безпеки праці, переживання стресу працівниками
10.	Якості [56]	Бракована продукція	Втрата прибутку	Збільшення відходів	Переживання стресу

Економічні втрати характеризуються порушенням нормальної діяльності промислового підприємства в результаті втрат або зниження вартості основних фондів підприємства; втрат або зниження вартості обігових фондів підприємства;

недоотримання потенційно можливих надходжень через появу небезпечних подій; втрати контрактів постачальників та споживачів; втрати іміджу підприємства; компенсації юридичним та фізичним особам, постраждалим від проявів небезпечних подій [44, 45, 46].

Екологічні втрати від небезпек проявляються головним чином у вигляді порушення системи життєдіяльності на території, прилеглій до екологічно небезпечних підприємств, за рахунок:

- забруднення довкілля екологічно небезпечними речовинами, концентрації яких перевищують допустимі рівні у повітрі, воді та ґрунті;
- утворення та накопичення токсичних відходів;
- погіршення стану біоти у навколишньому середовищі, де втрачаються певні види флори і фауни;
- зменшення витрат на запобіжні і захисні заходи з екологічної безпеки, що в сукупності веде до збільшення захворювань і/або загибелі людей, зокрема під час аварій на промислових підприємствах.

Професійні втрати характеризуються створенням загрози життю і здоров'ю персоналу підприємства, переживанням стресу та фізіологічними перенавантаженнями через порушення виробничих циклів, відмови чи руйнування технічних засобів виробництва, які призводять до утворення небезпечних ситуацій (аварій, пожеж, вибухів).

На **другому кроці** – відбувається ідентифікація небезпечних чинників (НЧ), небезпечних дій чи бездій, які збільшують вірогідність настання небезпечної події і тяжкість наслідків. Для цього кроку, наприклад можна застосовувати такі методи як SWOT-аналіз, PEST-аналіз чи PIMS аналіз, анкетування, спостереження, опитування працівників, дискусії та інше. У результаті отримуємо реєстр небезпечних чинників, які зручно поділити на декілька груп: людські, організаційні, ергономічні, технічні та інші. Приклад подібних реєстрів наведено в публікаціях [35, 57].

На **третьому** кроці проводиться аналіз і визначення ризиків безпеки від впливу всіх виявлених небезпечних чинників, які визначаються за формулою (2.2). Тобто рівень ризику від кожної виявленої небезпеки потрібно визначати

підсумовуванням ризиків від усіх небезпечних зовнішніх та внутрішніх чинників на конкретній ділянці підприємства з урахуванням небезпечних дій та без дій персоналу. При цьому за кожною безпекою, як зазначалось вище, розраховується три види ризику за економічними, екологічними та професійними втратами. Важливою умовою проведення зазначеної процедури є встановлення ймовірності настання небезпечної події та тяжкості наслідків за відповідними диференційованими шкалами. Визначення інтервалів тяжкості наслідків від економічних екологічних та професійних втрат потрібно робити конкретними і зрозумілими як для осіб, що приймають управлінські рішення (табл. 2.14).

На **четвертому кроці** проводиться оцінювання рівня ризиків від матеріальних, екологічних та професійних втрат, виходячи із визначених умов прийнятності чи неприйнятності рівня ризиків [62, 63].

Таблиця 2.14. Критерії диференціювання шкали тяжкості наслідків від матеріальних, екологічних та професійних втрат від настання небезпечної події

№	Тяжкість втрат		Тяжкість наслідків небезпечної події від втрат		
	Назва	Бали	Матеріальних [58]	Екологічних [59, 60]	Професійних [61]
1	Низькі	1	0 -100\$	об'єкти екосистеми в природному стані звичайно оліготрофів, придатні для усіх видів проживання	Забиття працівника
2	Незначні	2	100 - 1000\$	Об'єкти екосистеми близькі до природного стану чи слабо евтрофовані, придатні для усіх видів проживання	Легка травма особи або групові забиття
3	Помірні	3	1000 - 10000\$	об'єкти екосистеми знаходяться під впливом джерел забруднення чи інших видів техногенного впливу, придатні до проживання тільки сильних видів	Середня травма працівника або групові легкі травми
4	Значні	4	10000 - 500000 \$	об'єкти екосистеми значно забруднені в результаті надходження шкідливих забруднювачів, об'єкти придатні тільки для тих видів у яких менш жорсткі вимоги до якості складових	Тяжка травма осіб або групові серйозні травми
5	Катастрофічні	5	більш 500000 \$	Руйнування екосистеми	Смерть осіб або групові тяжкі травми

Спочатку, проводиться оцінювання ризиків від кожного типу наслідків окремо шляхом підсумовування балів від впливу всіх виявлених небезпечних чинників. Далі порівнюються розраховані величини ризику з критичною величиною балів, яка встановлюється, виходячи із матриці оцінювання ризиків, з урахуванням фінансових можливостей організації (наприклад, для матриці 5 на 10 вона складає 50 балів).

Оцінювання сумарного матеріального збитку від забруднення навколишнього середовища потребує аналізу різних даних щодо нанесеного збитку від забруднення, визначення коштів, які потрібні на відновлення та компенсації непрямих економічних збитків та інше. Загалом, вартісна оцінка екологічних витрат (E) обчислюється за формулою:

$$E = B_z + Z_{\text{бф}},$$

де B_z – витрати на здійснення природоохоронних заходів; $Z_{\text{бф}}$ – фактичні збитки, завдані підприємству і населенню після проведення або в результаті не проведення природоохоронних заходів, у вартісному вираженні.

У разі неприйнятності рівня ризику від кожної втрати переходять до **п'ятого кроку**, на якому визначаються суттєві небезпечні чинники, які мають найбільші показники або з ймовірності настання небезпечної події, або з тяжкості наслідків. Далі обґрунтовуються шляхи зменшення впливу небезпечних чинників, використовуючи ієрархію запобіжних і захисних заходів.

Якщо рівні ризиків від кожної втрати є прийнятними, переходять до **шостого кроку**, на якому проводять порівняння рівнів ризиків із межею прийнятності, яка встановлюється від трьох зазначених втрат одночасно. Звичайним підсумовуванням встановлених критичних рівнів ризику від кожної втрати це зробити не можливо, оскільки ризики взаємопов'язані і мають певний вплив один на одного. Наприклад через людську діяльність [64], тому, що більшість екологічних проблем (виснаження біорізноманіття, брак прісної води тощо), як і небезпечних ситуацій (травмування працівників, аварій, збоїв) спричинені саме людиною [65]. З іншого боку, скорочення людської діяльності може бути найефективнішою технікою, як для зменшення екологічних проблем,

так і для збільшення розміру ресурсної бази [66]. Разом з тим, людська діяльність є важливою для економічного розвитку організацій [67]. Тому їх взаємозв'язок можна виразити через загальну матеріальну втрату від небезпечної події (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Взаємозв'язок загальної економічні втрати від небезпечної події і її складових: втрати з упущеної вигоди, екологічних втрат та втрат життя і здоров'я людей

Якщо представити межі прийнятності екологічного, професійного та економічного ризиків від виникнення небезпечної події, певною множиною, (наприклад грошовим еквівалентом) то за діаграмою Ейлера-Венна (рис. 2.16), можна встановити зону (1-2-3), що забезпечить мінімальні втрати, які, з іншого боку, дозволяють визначити й межі стійкості організації. В результаті, виникає декілька варіантів (табл. 2.15) розподілу ризиків, які визначаються перетином множин, котрі проілюстровані на рис. 2.16.

Таблиця 2.15. Аналіз варіантів розподілу ризиків небезпек по трьом видам втрат (за діаграмою Ейлера - Венна)

Варіант	Зона	Ризик відносно економічних (фінансові) втрат – упущеної економічної вигоди	Ризик відносно втрат життя і здоров'я персоналу	Ризик відносно екологічних втрат
№1	1	Прийнятний	Неприйнятний	Неприйнятний
№2	2	Неприйнятний	Прийнятний	Неприйнятний
№3	3	Неприйнятний	Неприйнятний	Прийнятний
№4	1-2	Прийнятний	Прийнятний	Неприйнятний
№5	2-3	Неприйнятний	Прийнятний	Прийнятний
№6	3-1	Прийнятний	Неприйнятний	Прийнятний
№7	1-2-3	Прийнятний	Прийнятний	Прийнятний

Знову ж таки у разі неприйнятності загальних втрат від визначених рівнів ризику повертаємось на п'ятий крок і обґрунтовуємо додаткові запобіжні і захисні заходи, виходячи з того, який рівень втрат для організації є найбільш критичним. Після, повертаємось на етап аналізування та повторного оцінювання ризику, щоб з'ясувати результативність та ефективність запропонованих заходів чи дій.

На сьомому кроці відбувається документування рівнів ризику та створюються відповідні реєстри, як небезпек так і небезпечних чинників, а також надається характеристика та опис очікуваних наслідків від їх прояву. Заполняються відповідні карти ризику, в які заносяться дані первинного оцінювання рівня ризику, а потім з урахуванням запобіжних і захисних заходів – залишкового. Передбачається і формується відповідний план дій з періодичного визначення ризиків.

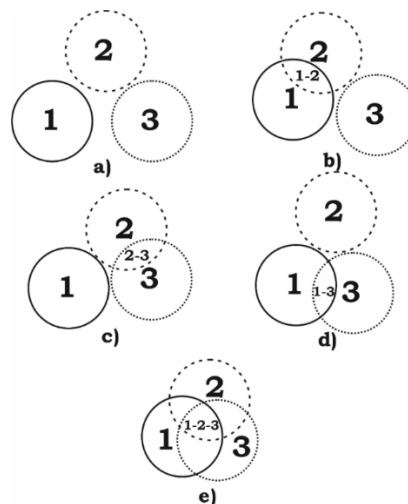


Рис. 2.16. Діаграма Венна прийнятності ризиків від економічних (1), екологічних (2), професійних (3) втрат

На заключному етапі процесу керування ризиками здійснюється розробка та впровадження процедури їх моніторингу, яка інтегрує канали інформування про потенційні ризики, організацію навчальних програм для персоналу, а також заходи з підвищення зрілості системи управління ризиками. Під зрілістю тут розуміється рівень розвитку практик управління ризиками, який оцінюється за критеріями ефективності та результативності впроваджених підходів у контексті досягнутих організаційних результатів.

2.5. Оцінювання ризиків на прикладах втрат/збитків в інтегрованих системах управління

Оцінювання ризиків проведемо від трьох типів втрат на прикладі техногенної катастрофи, яка відбувалась 23 березня 2005 року на нафтопереробному заводі British Petroleum у Техас-Сіті та призвела до 15 загиблих, 180 поранених і 4,7 мільярдів доларів збитків, екологічному забрудненню навколишньої території через викиди десятки тон різних хімічних сполук, зокрема бензолу, гептану і гексану [68]. Зазначена трагедія відбулась під час запуску установки ізомеризації вуглеводнів, яка використовувалась для перетворення низькооктанових вуглеводнів за допомогою різних хімічних процесів (рафінат, який отримано з нафтового дистиляту в процесі рідинної екстракції селективними розчинниками, змішують з невеликою кількістю водню, далі нагрівають до температури 93-204 °C і подають до спеціального розподільвача де за допомогою каталізатору перетворюють молекули C5 і C6 в їх ізомери) у вуглеводні з більш високим октановим числом. Останні потім змішуються з неестильованим бензином для підвищення якості. Головним елементом цієї установки являється 50-ти метрова башта - роздільник рафінату. В башті, під час нагріву, відбувається відділення легких вуглеводневих компонентів, які піднімаються до верхньої її частини (переважно пентан та гексан), потрапляють у конденсатор, з якого утворена рідина перекачується в резервуар для зберігання легкого рафінату. В той час більш важкі компоненти, які залишаються в нижній частині башти, перетікають у резервуар для зберігання важкого рафінату, який потім використовують для виготовлення різних похідних нафтопродуктів. Основною небезпекою, яка призвела до надзвичайної ситуації являються високогорючі пари викидів гарячих вуглеводів [69] (рис. 2.17). При цьому, проведене дослідження показало наявність низки небезпечних чинників [54], які в сукупності призвели до збільшення ймовірності настання небезпечної події, яка мала наслідки за трьома складовими: економічними, екологічними та професійними. Зокрема, виявлено п'ять небезпечних чинників табл. 2.15.

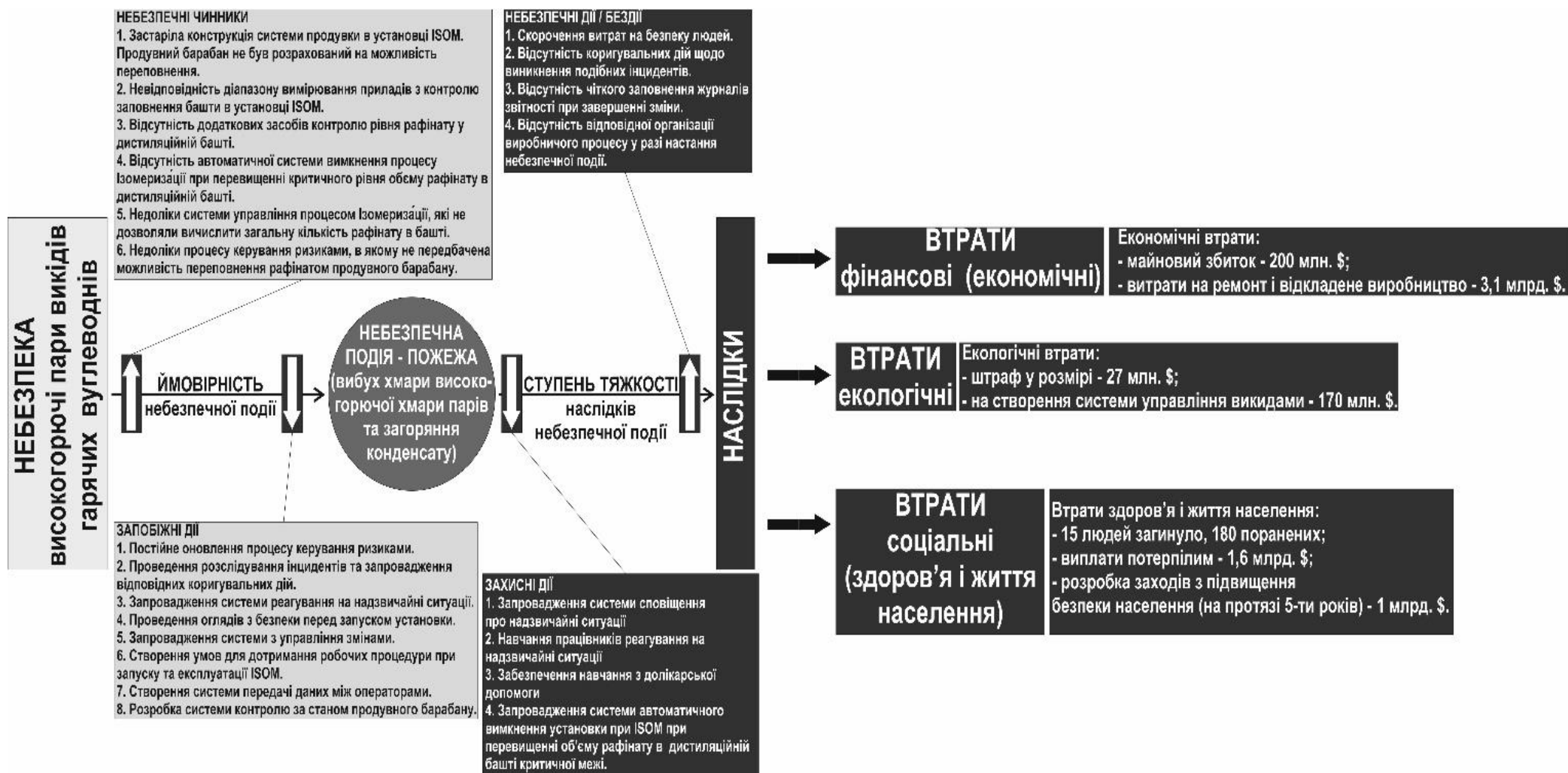


Рис. 2.17. Модель причинно-наслідкових зав'язків вибуху на заводі у Техас-Сіті

Таблиця 2.15. Ідентифікація небезпеки високогорючої пари викидів гарячих вуглеводів та оцінювання рівня ризику

№ небезпеки	Ідентифікація				Первинний аналіз – визначення рівня ризику по кожному НЧ та ризику і оцінка ризику по втрата економічних, екологічних і життя і здоров'я робітників									
	Небезпека	Небезпечна подія	Негативні наслідки від економічних, екологічних втрат та втрат життя здоров'я людини	Вплив на ймовірність настання небезпечної події та/або на тяжкість наслідків небезпечної події	Ймовірність настання небезпечної події від НЧ по кожному негативному наслідку	Ступінь тяжкості від настання небезпечної події кожного НЧ по кожному негативному наслідку			Рівень ризику від настання небезпечної події кожного НЧ по кожному негативному наслідку			Первина оцінка ризику небезпеки - j по кожному НЧ - і по кожному негативному наслідку		
						економічному	екологічному	професійному	економічному	екологічному	професійному	економічному	екологічному	професійному
j	високогорючої пари викидів гарячих вуглеводів	Вибух парів високо горючих парів гарячих вуглеводів з пожежею	Економічні – сумарні фінансові втрати 21 млрд. \$; екологічні викид в атмосферу 7 т. бензолу, професійні – загинуть 15 і 180 поранення працівників https://wmpilc.org/ojs/index.php/ajdm/article/view/2134	Людський чинник – відсутність компетентного персоналу	5	5	5	5	25	25	25	Нпрн	Нпрн	Нпрн
				Технічний чинник – конструктивні недоліки вежі з розподілу рафінаду	5	5	5	5	25	25	25	Нпрн	Нпрн	Нпрн
				Організаційний чинник – відсутність контролю за звітуванням про проведені заходи	3	3	3	3	9	9	9	Пр	Пр	Пр
				Організаційний чинник – потрапляння сторонніх осіб на територію організації	3	4	3	3	12	9	9	Нпрн	Пр	Пр
				Екологічний чинник – відсутність моніторингу за виводами	3	4	5	3	20	25	15	Нпрн	Нпрн	Нпрн
				Загальний ризик від небезпек за типами втрат					91	93	83	Нпрн	Нпрн	Непрн

1. Застаріла конструкція системи продувки в установці ISOM (продувний барабан не був розрахований на можливість переповнення).

2. Невідповідність діапазону вимірювання приладів з контролю заповнення об'єму башти в установці ISOM.

3. Відсутність додаткових засобів контролю рівня рафінату у дистиляційній башті.

4. Відсутність автоматичної системи вимкнення процесу ізомеризації при перевищенні критичного рівня об'єму рафінату в дистиляційній башті.

5. Недоліки системи управління процесом ізомеризації, які не дозволяли вичислити загальну кількість рафінату в башті.

Також зафіксовано небезпечні дії/бездії персоналу, а саме

- недостатність коштів на забезпечення безпеки на підприємстві.
- відсутність коригувальних дій щодо виникнення подібних інцидентів.
- відсутність чіткого заповнення журналів звітності при завершенні зміни;
- відсутність відповідної організації виробничого процесу у разі настання небезпечної події;
- відсутність постійного навчання співробітників з реагування на небезпечні ситуації;
- відсутність необхідного профілактичного обслуговування установки;
- відсутність чітких індикаторів ефективності роботи установки ISOM;
- відсутність регулярного нагляду за процесом ізомеризації з боку вищого керівництва.

Цікаво, що на заводі проводились відповідні аудити, які рекомендували удосконалити установку ISOM (розробити систему контролю за станом продувного барабану, забезпечити відповідну передачу даних між операторами, запровадження системи автоматичного вимкнення установки при ISOM при перевищенні об'єму рафінату в дистиляційній башті критичної межі), а також створити умови для постійного оновлення процесу керування ризиками, створення системи з управління змінами, системи реагування на надзвичайні ситуації, проведення навчання працівників, проведення оглядів з безпеки перед запуском установки. Однак всі вони були відхилені керівництвом з обґрунтуванням, щодо браку коштів. Звідси виникає питання на яке повинна надати відповідь розроблений процес оцінювання ризиків

економічних, екологічних та професійних втрат, щодо обґрунтування межі прийнятності ризику, вираженому в грошовому еквіваленті. Покроковий аналіз з визначення наслідків небезпечної події та встановлення загального рівня ризику від кожної втрати, що наведено в табл. 2.16, дозволяє встановити рівень можливих фінансових витрат на забезпечення запобіжних заходів щодо уникнення описаної катастрофи [70].

Беручи до уваги, що рівень ризику за всіма трьома наслідками, являється неприйнятним, виникає необхідність в розробці запобіжних заходах зі зменшення ймовірності виникнення небезпечної події. Серед них заходи, щодо навчання персоналу, удосконалення конструкції установки ізотермації рафінату, створення системи моніторингу за небезпечними викидами в середовище, виникає питання, щодо обґрунтування фінансових витрат. Їх зручно запровадити, з огляду на оцінки можливих збитків. Так, в даному прикладі еквівалентний рівень втрат склав 4,7 млрд. дол., (рис. 2.18). Очевидно, що витрати на наведені вище профілактичні заходи склали б незрівнянно меншу величину.

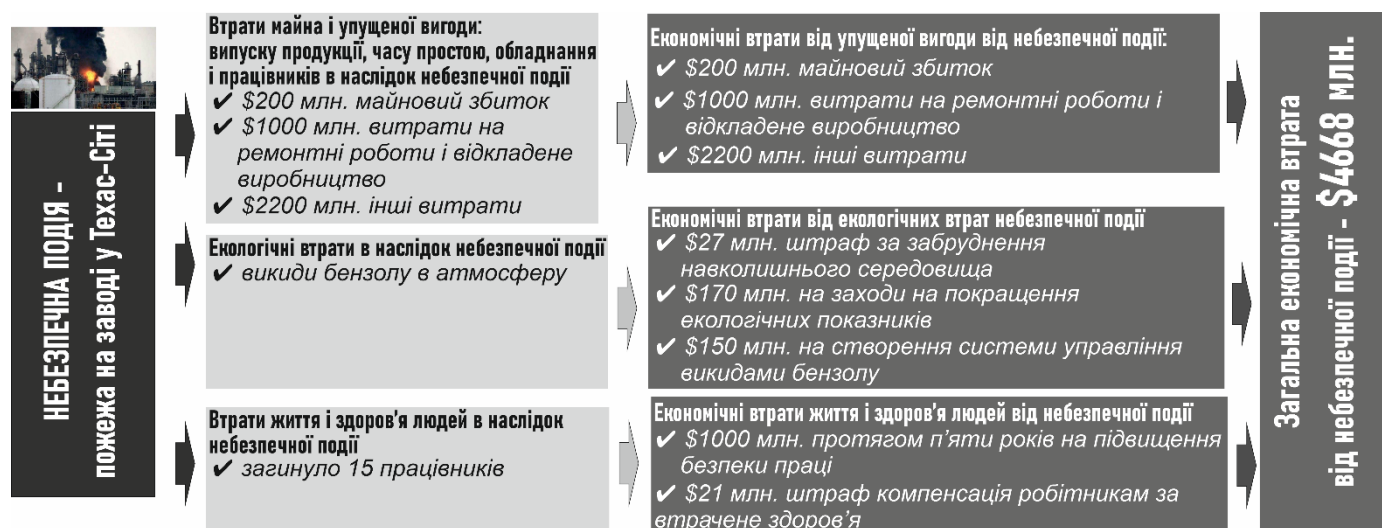


Рис. 2.18. Взаємозв'язок загальної економічної втрати від пожежі на заводі в Техас - сіті від економічної втрати з упущеної вигоди, екологічної втрати та втрат життя і здоров'я людей

Проведемо аналіз причинно-наслідкового зв'язку між екологічним аспектом і екологічним ризиком на прикладі Бхопальської трагедії. Вона відбулась у 1984 році на заводі пестицидів UCIL, хімічної корпорації Union Carbide через витік 42 тон токсичної

речовини метилізоціанату (МІС). Це привило до загибелі більше 3,5 тис. людей і забруднення території площею більше ніж 70 км². Результати наведеного аналізу наведені в таблиці 2.16 та рис. 2.19. Примітно, що фахівці з Каліфорнійського університету звернули увагу [71] на те, що через скорочення витрат, на заводі було встановлені трубопроводи з вуглецевої сталі, замість нержавіючої, що швидше призведе до корозійних процесів

Таблиця 2.16. Аналіз екологічних та загальних збитків/втрат від наслідків Бхопальської трагедії

Екологічний аспект	Екологічна небезпека	Екологічна небезпечна подія	Фізичні наслідки забруднення	Економічні наслідки забруднення	Загальні економічні втрати
Для виготовлення інсектициду для боротьби зі шкідниками під назвою "Севін", компанія UCC використовував токсичний газ метилізоціанат, який зберігався на спеціальних резервуарах, що вкопані в землю	Метилізоціанат - високо-токсична безбарвна рідина з різким різким запахом. Потрапляючи у повітря, перетворюється в парову фазу. Потрапляючи у ґрунт і воду, він гідролізується, при цьому продукти гідролізу можуть включати N - карбоксиметиламін, метиламін, вуглекислий газ, N' -диметилсечовину.	Викид 42 тон газу метилізоціанат (МІС) в навколишнє середовище	<i>Забруднення повітря.</i> У повітря потрапило 42 тони МІС, який у реакції з киснем призводив до виділення синильної кислоти, чадного та вуглекислого газів	470 млн. дол. компенсації, яку виділила компанія UCC для постраждалих, що отруїлися МІС	Економічні збитки від аварії включали втрату роботи, втрату заробітної здатності потерпілих, збої в бізнесі, витрати на компенсацію та реабілітацію та судові витрати. Загальна вартість усіх компенсацій становила 1,2 мільярда доларів США
			<i>Забруднення ґрунту</i> Було знайдено 12 хімічних сполук – нафтол, нафталін, севін, смолистий залишок, ртуть, хром, мідь, нікель, свинець, гексахлоретан, гексахлорбутадиєн	Повідомляється, що компанія Eveready Industries India Limited витратила 2 млн. дол. для будівництва безпечного полігону та випарних ставків	
			<i>Забруднення води.</i> Були знайдені нафтол, нафталін, севін, залишки смоли, альфа-нафтол, ртуть, хром, мідь, нікель, свинець, гексахлоретан.	3 млн. дол. було виділено урядом Індії для спалювання відходів, які залишитись на місці трагедії	
			<i>Вплив на живу природу.</i> Загинуло 3787 людей. Отруїлося близько півмільйона людей.	470 млн. дол. компенсації, яку виділила компанія UCC для постраждалих, що отруїлися МІС	

Також, відмічено зменшення кількості захисних пристроїв (були встановлені одна факельна вежа для утилізації надлишкового метилізоціанату і один газовий скруббер для очищення повітря, тоді як на аналогічних заводах з подібним об'ємом виробництва інсектициду таких пристроїв було по три), що дозволило з економити до 6 млн. \$ [72].



Рис. 2.19. Аналіз екологічних наслідків Бхопальської трагедії

Крім того, встановлені запобіжні пристрої на подібних заводах управлялися автоматичними системами, в тому числі з наявністю раннього виявлення загроз і невідповідностей, тоді як в Бхопалі їх не встановили [73]. Наведений аналіз указує на те, що власники компанії UCC діяли у відповідності до вимог національного законодавства і не мали бажання встановлювати додаткові заходи безпеки, які дозволили би унеможливити катастрофу. Можна припустити, що ніхто не допускав можливості подібної аварії і таких тяжких екологічних наслідків. Принаймні, відсутність планування на випадок надзвичайних ситуацій підтверджує зроблений висновок. Цікаво, що передвісниками аварії було значне скорочення компетентних фахівців та відсутність за останні два роки до трагедії фінансових надходжень на оновлення виробничих потужностей. Більше того, керівництвом заводу було прийняте рішення продовжувати експлуатацію обладнання за межами проектних робочих параметрів [74]. Результати оцінювання хімічного ризику від небезпек при виробництві метилізоціанату з урахуванням впливу на ймовірність настання небезпечної події та/або на тяжкість наслідків небезпечної події небезпечного чинника наведені в табл. 2.17.

Таблиця 2.17. Ідентифікація небезпек, небезпечних чинників, аналіз та оцінка ризику небезпеки від виготовлення метилізоціанату за запропонованою формою документування

№ небезпеки		Ідентифікація		Ідентифікація небезпечних чинників	Аналіз – визначення рівня негативного ризику по кожному небезпечному чиннику та загального негативного ризику небезпеки			
Небезпека	Небезпечна подія	Негативні наслідки		Вплив на ймовірність настання небезпечної події та/або на тяжкість наслідків небезпечної події від небезпечного чинника	Ймовірність настання	Ступінь тяжкості від настання небезпечної події	Рівень н ризику від небезпечного чиннику	Оцінка негативного ризику небезпеки по кожному небезпечному
1	метилізоціанат	Викид метилізоціанат (МІС) в навколишнє середовище	Забруднення повітря, ґрунту і води продуктами розпаду метилізоціанату	Людський чинник: некомпетентність персоналу через звільнення, низьку оплату праці та економію коштів	4	5	20	неприйнятний
				Людський чинник: відсутність графіку обслуговування обладнання та своєчасне усунення дефектів	4	5	20	неприйнятний
				Технологічний чинник: невідповідне обслуговування резервуарів (похибки в показниках манометрів, відсутність запобіжників, несправність індикаторів)	4	5	20	неприйнятний
				Технологічний чинник: відмова газового скрубера та факельної вежі через несвоєчасність обслуговування	4	5	20	неприйнятний
				Технічний чинник: відсутність герметичності в системі через старіння клапанів, корозію, несправність	4	5	20	неприйнятний
				Технічний чинник: відмова системи охолодження, вентиляції, через експлуатацію поза встановленими нормами	3	5	15	неприйнятний
				Організаційний чинник: відсутність комп'ютеризованих систем моніторингу раннього виявлення відмов	3	5	15	неприйнятний
				Організаційний чинник: відсутність процедур планування на випадок надзвичайної події	3	5	15	неприйнятний
				Кліматичний чинник: висока температура навколишнього середовища, що призводило до необхідності додаткового охолодження резервуарів	4	5	20	неприйнятний
				Загальний первинний негативний екологічний ризик - Rj небезпеки j від всіх n чинників	Bj1 Tj1 + + Bjji Tjji + + Bjjn Tjnn		165	неприйнятний

Проведений поверхневий аналіз виробництва метилізоціанату показує наявність неприйнятного рівня ризику, що вимагає запровадження і постійної підтримки запобіжних і захисних заходів. Як показав попередній аналіз екологічних наслідків (табл. 2.17), величина сумарних матеріальних втрат, в тому числі екологічного

характеру, яку понесла компанія, на основі різних судових позовів складала більшу меншу суму, ніж витрати на оновлення і підтримку у працездатному стані всіх безпекових систем виробничого обладнання та технології.

Звісно, ніхто на той час не рахував можливі екологічні збитки, які частково виплатив уряд Індії. При чому, наслідки Бхопальської трагедії відчуються і до сих пір, хоча минуло вже сорок років. Зокрема, фахівці відмічають наявність залишкових рівнів забруднення, які перевищують норми і не дають можливості проживати на території поблизу заводу в радіусі 5-7 км. Хоча, нові власники компанії UCIL вказують, що це через те, що уряд Індії дозволив зробити сміттєзвалище різних промислових відходів, які постійно забруднюють екосистему. Відгуки аварії і зараз відмічаються на збільшенні кількості захворювань у населення.

Аналіз звітів з причин катастрофи, дозволив встановити, що керівництву заводу експерти, після проведення аудитів рекомендували запровадити систему реагування на надзвичайні ситуації, яка коштувала б 200 млн дол, провести модернізацію установки ізотермізації за 150 млн. дол., запровадити систему контролю за екологічним забрудненням за 170 млн. дол. Звідси сумарні затрати становили б 520 млн. дол., що компанія порахувала не прийнятним і не забезпечила відділення цих коштів. Разом з тим, зважаючи на загальні збитки після катастрофи, можна все таки було обґартувати межу прийнятності, яка призвела майже до десятикратного зменшення б втрат.

Важливою умовою для дієвого функціонування організації являється можливість знаходження взаємодії між вимогами суспільства, які забезпечується економічним зростанням та можливостями природного середовища.

З переглядом стандарту ISO 9001:2015 міжнародна організація стандартизації намагалася зосередитися на вдосконаленні процесів та ідентифікації та керуванні ризиками, що дозволить краще провести процес керування ризиками: економічними, екологічними й професійними. Зосереджуючись на цих цілях, будь-яка організація визначає шлях для керування ризиками для задоволеності зацікавлених сторін. Звернімо увагу на особливість інтегрування екологічних ризиків, які зазначені в стандарті ISO 14001:2015. Виявляється що він вимагає від організацій дотримуватись правил із забезпечення зменшення забруднення довкілля шляхом впровадження екологічно чистих технологій та підтримки інвестицій у стійкі проекти. Отже виникає

необхідність у виявленні підтримки зацікавлених сторін у розробленні інструментарію для забезпечення покращення загального корпоративного розвитку організації/промислового підприємства, саме у поєднанні екологічних небезпек з професійними і економічними небезпеками, які є взаємопов'язаними та взаємозалежними. До таких небезпек відносять неадекватне поводження з відходами, неконтрольованого споживання енергії та викидів забруднюючих речовин у повітря, скидів у воду, та на ґрунт, а також небезпеки щодо вдосконалення виробничих процесів, спрямованих на зменшення екологічних ризиків, що характерне і для небезпечних економічних чинників, які збільшують ймовірність економічних втрат підприємств [75].

В результаті запропонованого процесу керування ризиками, включаючи екологічні, забезпечується краща узгодженість дій усередині організації, підсилюючи синергетичний ефект, який полягає в тому, що загальний результат від узгоджених дій вищий, ніж сума результатів окремих не узгоджених дій, тобто дозволяє:

1. посилити конкурентні позиції підприємства шляхом підвищення його ділової репутації та загальної якості управлінських процесів в організації;
2. звести до мінімуму функціональну фрагментацію персоналу, яка виникає внаслідок розробки ізольованих систем менеджменту;
3. забезпечити ефективне функціонування інтегрованих систем управління з суттєво меншими витратами ресурсів порівняно з побудовою кількох незалежних паралельних систем;
4. гарантувати більш збалансований підхід до врахування інтересів зовнішніх стейкхолдерів організації, ніж у випадку з кількома паралельно діючими системами;
5. досягти вищого рівня прозорості та керованості організацією, оскільки кількість внутрішніх і зовнішніх взаємозв'язків в інтегрованій системі є меншою, ніж загальна сума таких зв'язків у множині окремих систем;
6. оптимізувати загальний обсяг документації, зменшивши його порівняно з кількома паралельними системами;
7. знизити рівень конфліктності та ймовірність виникнення суперечностей між аспектами, пов'язаними з екологією, економікою та безпекою, що, у свою чергу, сприяє формуванню ціліснішого підходу до підвищення рентабельності,

ефективнішого використання ресурсів, посилення координації в процесах обміну інформацією та уникненню дублювання операцій.

Проаналізуємо також деякі проблемні питання сталого розвитку промислових підприємств. Взагалі сталий розвиток будь-якої організації – це важливе питання, вирішення, якого дозволить забезпечити, не тільки конкурентні переваги в майбутньому, а й сприяє мінімізації втрат, через відповідні процеси керування ризиками небезпек з урахуванням матеріальних втрат від їх наслідків. Доволі складне питання, яке потребує запровадження відповідних змін у бізнес-процесах, виходячи з обмежених фінансових ресурсів. Це спонукає організації, шукати межі стійкості, які дозволять збалансувати виклики (небезпеки різного виду) і збитки, які понесе організація для їх усунення. Зважаючи на те, що дотримання екологічних норм є найбільшим економічним тягарем промислових підприємств, постає завдання перерозподілу фінансів та визначення меж безпечної їх діяльності. Вирішити його зручно, використовуючи діаграми Ейлера-Вена, які демонструють наскільки зміниться межа можливостей при різних вхідних умовах (рис. 2.20).

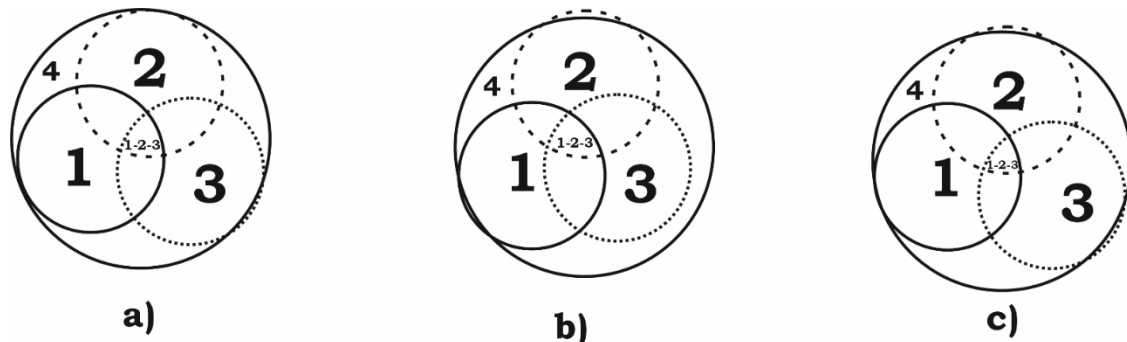


Рис. 2.20. Діаграма Ейлера-Венна прийнятності ризиків загального ризику (4) від економічних (1), екологічних (2), професійних (3) втрат: а) прийнятний професійний ризик менш інших прийятних ризиків; б) прийнятний професійний ризик менш інших прийятних ризиків; с) прийнятний економічний ризик менш інших прийятних ризиків

Усі види діяльності щодо сталого розвитку можна визначити через загальний матеріальний збиток, який дозволяє встановити неприйнятний рівень загального ризику – R_j , який повинен буде не більше або рівним сумі неприйятних рівнів ризиків: R_j^{ek} – втрат економічної вигоди, R_j^{el} – екологічних втрат і R_j^{pr} – втрат життя і здоров'я працівників, тобто:

$$R_j = R_j^{ek} + R_j^{el} + R_j^{pr}$$

Отже, виявлено два ключові вклади. Перший полягає в тому, що кожен потенційну небезпеку доцільно аналізувати з урахуванням трьох окремих типів збитків. Такий підхід відкриває можливість впровадження додаткового механізму для ідентифікації найбільш критичних небезпечних факторів, які спричиняють істотні загальні економічні втрати. Навіть за умови прийнятності ризику, пов'язаного з окремими небезпечними факторами, виникає додаткова перспектива їхнього комплексного оцінювання в контексті принципів сталого розвитку, а саме через встановлення взаємозв'язків між фінансовими операціями, економічними та професійними втратами, що впливають на загальну стійкість організації.

Другий вклад стосується встановлення меж прийнятності ризиків, які формуються не лише на підставі загального допустимого рівня економічних (матеріальних) втрат, що не повинні перевищувати показники прибутку, але й з урахуванням стабільності функціонування підприємства загалом. Це, своєю чергою, зумовлює потребу в активних інвестиціях у нові технології, виходячи з короткострокових і довгострокових перспектив [76].

2.6. Підвищення результативності інтегрованих систем управління підприємств

В системах управління поняття «можливість» і «небезпека» являються антиподами. При цьому будь-які «можливості» треба розглядати як можливі джерела «небезпек», а «небезпеки», як можливі джерела «можливостей» (рис. 2.1), так наприклад: можливості економічного здобутку приводять до **економічної вигоди** та/або зменшення економічних втрат в системах управління компаній, а екологічні небезпеки приводять до **екологічних втрат** тобто збільшення екологічних втрат навколишнього середовища. Розглянемо перший випадок, де є взаємозв'язок, що будь-яка можливість економічного здобутку може призвести до появи екологічних, соціальних та інших економічних небезпек. (табл. 2.18).

Таблиця 2.18. Взаємозв'язок можливості економічного здобутку та небезпек втрат у екологічних, соціальних і економічних сферах

Можливість економічного здобутку	Небезпеки можливості економічного здобутку щодо втрат у сферах:		
	екологічній	соціальній	економічній
	Викликає з певною імовірністю інші іші екологічні небезпеки втрат	Викликає з певною імовірністю інші соціальні небезпеки втрат	Викликає з певною імовірністю інші економічні небезпеки втрат

Так збільшення економічної здобутку (вигоди) часто призводить до екологічних збитків та/або чи соціальних конфліктів (рис. 2.21).



Рис. 2.21. Модель взаємодії можливостей здобутку і небезпек втрат в сферах: екологічній, соціальній і економічній

В другому випадку передбачається, що у разі реалізація економічної можливості в одній і зазначених сфер (екологічній чи соціальній) також зваляються сприятливі події (табл. 2.19).

Таблиця 2.19. Взаємозв'язок можливостей економічного здобутку та можливостей інших економічних, екологічних і соціальних здобутків в інтегрованих систем управління підприємством

Можливість економічного здобутку - первина	Можливості – вторинні у відповідних сферах		
	Екологічна	Соціальна	Економічна
	Економічна можливість здобутку може викликати екологічні можливості	Економічна можливість здобутку може викликати соціальні можливості	Економічна можливість здобутку може викликати інші економічні можливості

Поява економічної можливості може призводити не тільки до небезпеки втрат, а й до сприятливих подій з відповідними позитивними наслідками (рис. 2.22). Тому, формується перелік сприятливих чинників і умов, які дозволяють підвищити ймовірність настання сприятливих подій та здобуток від них, а також запроваджувати відповідні запобіжні заходи щодо збільшення ризику можливості.

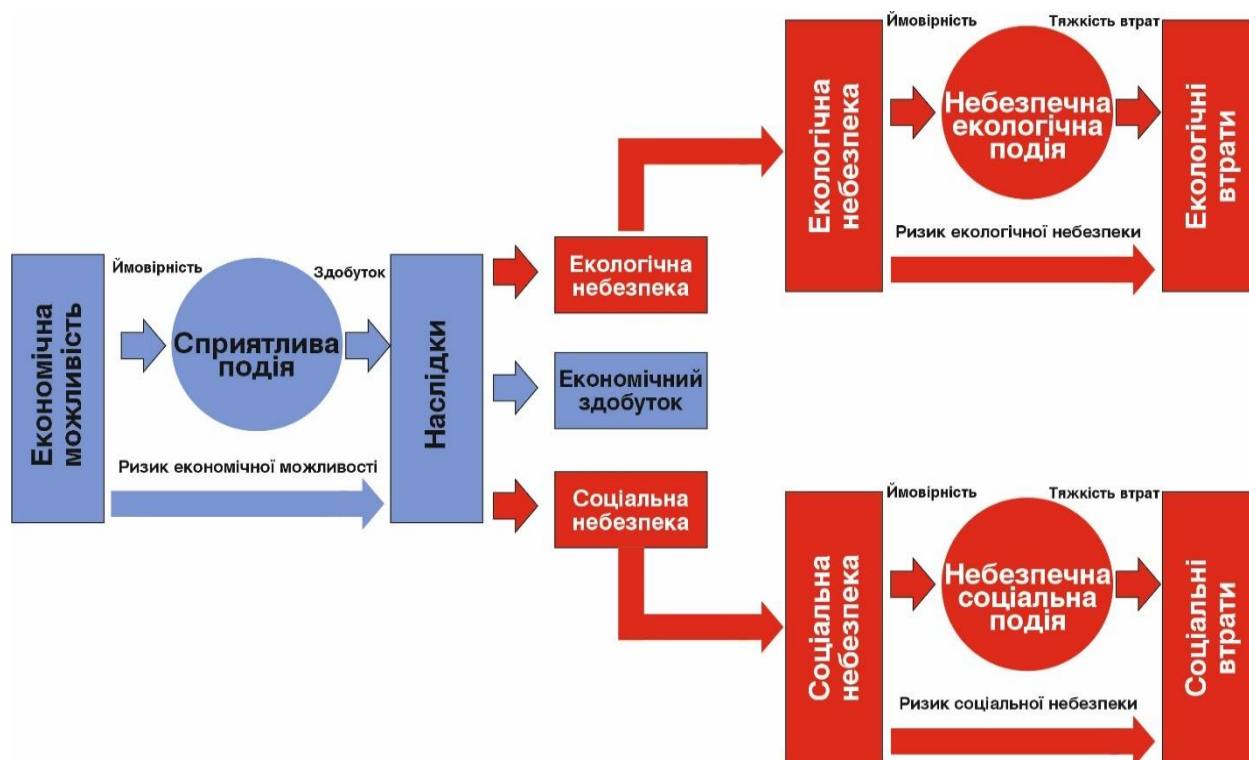


Рис. 2.22 Модель ризику економічної можливості і ризиків екологічних і соціальних небезпек в інтегрованих системах управління підприємством

В інтегрованих системах управління організації завжди з'являються можливості, які мають певну ймовірність переходу в сприятливу подію в результаті чого виникає певна ступінь позитивних наслідків. Разом з тим, створена можливість часто породжує небезпеку, яка призведе до небезпечної події та відповідних наслідків (рис. 2.23). Зазначмо, що на ймовірність настання як небезпечної, так і сприятливої події будуть значно впливати наявні сприятливі та небезпечні чинники, які необхідно виявити, щоб створити дієву модель для прийняття управлінських рішень на основі керування ризиками. Зроблений висновок вказує на необхідність розробки відповідного процесу керування ризиками можливості економічного здобутку і екологічної небезпеки в інтегрованих системах управління підприємством з метою підвищення результативності (рис. 2.24), який включає як ідентифікацію можливостей, так

небезпек, а також причинно-наслідкові зв'язки між сприятливою та небезпечною подіями з відповідними наслідками.

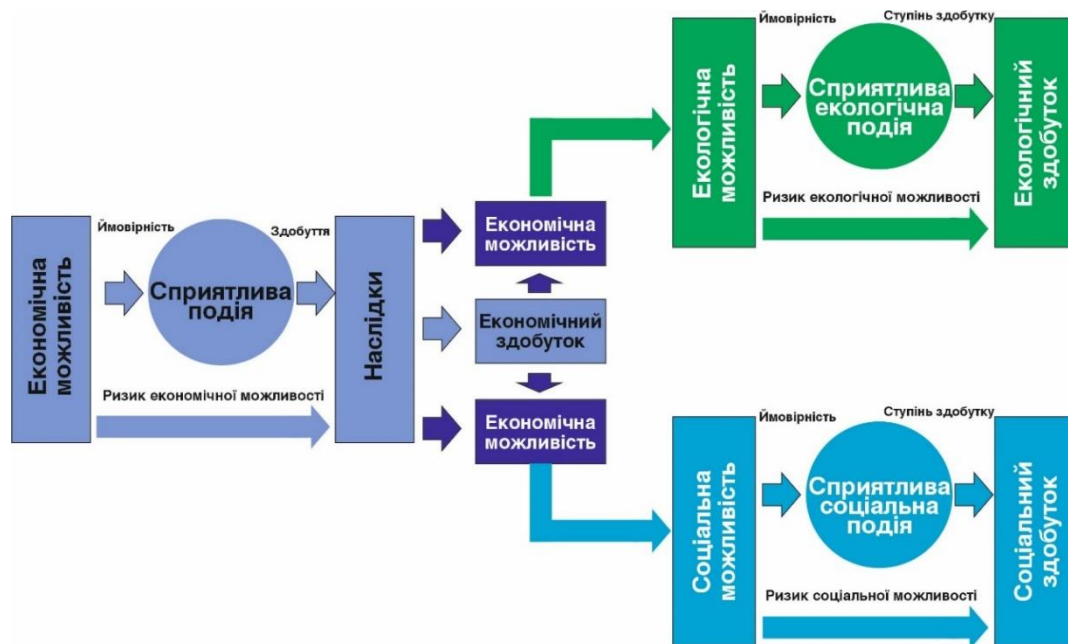


Рис. 2.22. Модель взаємозв'язку ризиків можливостей в сферах економічній, екологічній і соціальній управління підприємством

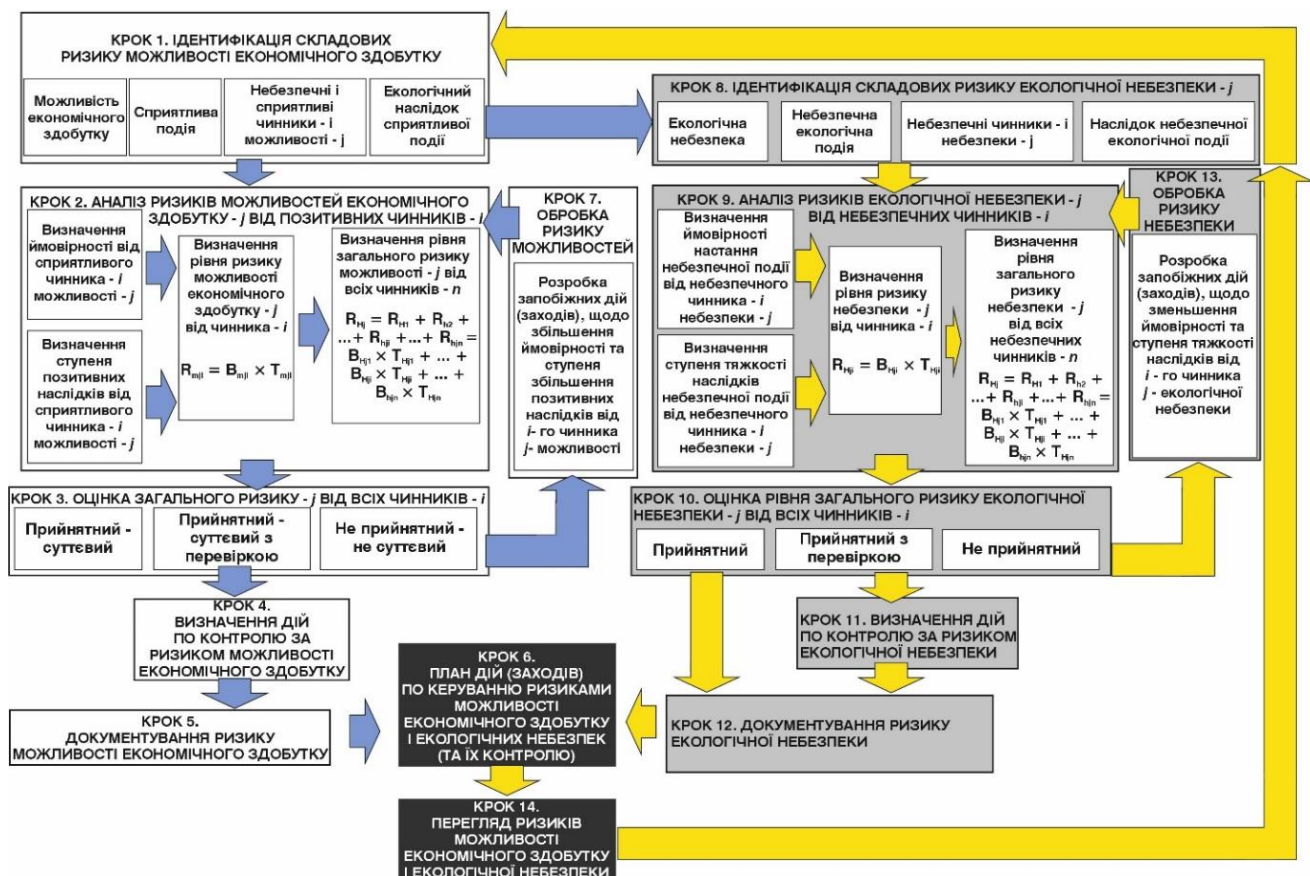


Рис. 2.24. Процес керування ризиками можливості економічного здобутку і екологічної небезпеки в інтегрованих систем управління підприємством

Важливим елементом, зазначеного процесу, являється виявлення сприятливих і небезпечних чинників за відповідними групами: людські, організаційні, технічні, психосоціальні та іншим. Це дозволить провести відповідний аналіз настання сприятливої та небезпечної події з урахуванням кожного виявленого, на попередньому кроці чиннику. Для цього можна скористатись будь-якою прийнятною шкалою для визначення ймовірності настання відповідної події та наслідків від її реалізації у відповідності до вимог ISO 31010.

Наприклад, для обробки негативного ризику, можна скористатись десятибальною шкалою: де 1 – ймовірність настання небезпечної події досить незначна (на рівні 5 %), а 10 – відбудеться завжди тобто (100 %); тоді як для обробки позитивного ризику – все навпаки. При цьому наслідки визначаємо як: 1 – наслідки відсутні; 10 – наслідки мають значний вплив на діяльність суб'єкта/об'єкта, що розглядається. Для оцінювання величини ризику необхідно встановити критерій прийнятності. Прийнемо, що кількість балів до 50 буде прийнятною у разі негативного ризику і неприйнятною у разі позитивного. Кількість балів більше 50 – навпаки: прийнятною для позитивного ризику і неприйнятною для негативного. При неприйнятному рівні ризику розробляємо альтернативні запобіжні заходи, які дозволять досягти поставленої мети. Після економічної оцінки запропонованих заходів з'являється основа для прийняття управлінських рішень. Далі відбувається документування всіх описаних кроків.

Розглянемо приклад компанії Бамбурі Цемент, де можливість економічного здобутку (збільшення об'єму видобутку валянку) привела до екологічної втрати (руйнування екосистеми). Однак з часом власник компанії, усвідомлюючи величезні екологічні втрати, реалізував зворотній процес через екологічну можливість (відновлення екосистеми) – додаткову економічну можливість (екотуризм) (табл. 2.20).

Напочатку своєї діяльності компанія Бамбурі Цемент постійно збільшувала об'єми видобутку вапняку для виготовлення якісних цементних сумішей через значне зростання попиту [77]. Сфера будівництва, як в Кенії так і європейських країнах завжди активно розвивається [78]. В подальшому, для покращення власного місця на ринку, залучення нових споживачів у компанії було реалізовано можливість – розширення асортименту цементних сумішей, що також потребувало зростання видобутку вапняку. Звідси, реалізувалась сприятлива подія - залучення нових споживачів цементних

сумішей. Її наслідки в економічній сфері - збільшення фінансових надходжень, соціальній - покращення матеріального добробуту працівників (табл. 2.21).

Таблиця 2.20. Аналіз можливостей економічного здобутку- і відновлення екології на прикладі Бамбурі цемент

Можливість	Сприятлива подія	Етап I Наслідки настання від сприятливої економічної (виробничої) і небезпечної екологічної події			Етап II Наслідки настання від сприятливих економічних (інвестування в екологію і доходу від парку) і екологічної (відновлення навколишнього середовища) події		
		Можли- вість економічно го здобутку	Небез- пека екологіч ної втрати	Можли- вість соціальн ого здобутку	Можливість економічного інвестування в відновлення екології від економічного надбання	Мож- ливість екологіч ного відновле ння	Можли- вість отримання економічного здобутку від відвідувань парку
Можливість збільшення видобутку вапняку для виготовлення цементних сумішей	Збільшення об'єму виробництва і великих продажів цементних сумішей	Суттєве збільшення прибутку більш ніж на 15 %	Суттєве погіршення екології (стану) навколишнього середовища	Збільшення заробітної платні і соціальні стандарти	Запровадження програм з відновлення біорізноманіття на місцях відпрацьованих кар'єрів	Відновлення екології - біорізноманіття на місцях відпрацьованих кар'єрів	Додатковий прибуток від екологічних ініціатив щодо екотуризму та створення національного парку

Таблиця 2.21. Ідентифікація можливостей, аналіз, оцінка та обробка (збільшення) ризику можливості

№	Ідентифікація			Первинний аналіз - визначення			Первинна оцінка (позитивного) ризику можливості
	Можливість	Сприятлива подія можливості	Позитивні наслідки можливості	Ймовірність настання сприятливої події можливості	Ступень позитивних наслідків сприятливої події можливості	Рівень (позитивного) ризику можливості	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Можливість збільшення видобутку вапняку для виготовлення цементних сумішей	Збільшення об'єму виробництва і великих продажів цементних сумішей	Суттєве збільшення прибутку більш ніж на 15 %	2	10	20	Не прийнятний (не суттєвий)
9		10	11	12	13		14
Дії що до збільшення позитивного ризику можливості		Повторний аналіз з урахуванням дій що до збільшення рівня ризику можливості			Повторна оцінка (позитивного) рівня ризику можливості		Залишковий (позитивний) рівень ризику можливості
		Ймовірність настання сприятливої події можливості	Ступень наслідків сприятливої події можливості	(Позитивний) Рівень ризику можливості			
Інвестування і розширення технології з видобутку вапняку		10	10	100	Прийнятний (суттєвий)		Прийнятний (суттєвий)

Однак в екологічній - реалізувалась небезпека - руйнування екосистеми (видобуток вапняку відкритим способом проводиться на основі розкривних робіт екскаваторами та бульдозерами, а потім відбувається процес випалювання). В практиці такі кар'єри, після виснаження – затоплюють утворюючи водойми, що є найдешевшим вирішенням проблеми з відновлення екосистеми. Разом з тим, керівництво компанії Бамбурі побачило у відновленні екосистеми кар'єрів додаткову можливість - це розвиток екотуризму в Момбасі. Це призвело до позитивної події - відновлення екосистем та біорізноманіття на недіючих вапнякових кар'єрах (табл. 2.22). Ідея реабілітації кар'єрів полягала в тому, щоб розвести певні сорти дерев, які можна вирощувати на безплідному вапняковому ґрунті.

Таблиця 2.22. Ідентифікація небезпек, аналіз, оцінка та обробка (зменшення) ризику небезпек

№	Ідентифікація			Первинний аналіз - визначення			Первинна оцінка рівня ризику небезпеки
	Небезпека	Небезпечна подія	Негативні наслідки	Ймовірність настання небезпечної події	Ступень тяжкості наслідків	Рівень ризику небезпеки	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Збільшення видобутку вапняку	Суттєве погіршення стану навколишнього середовища	Руйнування екосистеми	10	10	100	Неприйнятний
9		10	11	12	13		14
Заходи (дії) що до зменшення рівня ризику небезпеки		Повторний аналіз з урахуванням дій що до зменшення ризику			Повторна оцінка ризику небезпеки		Залишковий ризик небезпеки
		Ймовірність настання небезпечної події	Ступень наслідків небезпечної події	Залишковий ризик небезпеки			
Запровадження заходів з відновлення біорізноманіття на місцях відпрацьованих кар'єрів		1	10	10	Прийнятний		10

Фахівці, проводячи дослідження, підібрали наступні сорти *Conocarpus lancifolius* - дерево з узбережжя Сомалі; "*Cocos nucifera*", і *Casuarina equisetifolia*, дерево, яке походить з Австралії [79]. Крім того, *Casuarinas* можуть переносити солону воду, і молоді дерева добре розвивалися, оскільки це суворе середовище здавалося ідеальним для них. Далі для утворення гумусу, щодо розвитку інших рослин, були залучені *Eriobolus pulchripes*, які харчувались голками *Casuarinas* [80]. Багатоніжки швидко розмножувалися в молодому лісі. Невдовзі вони також стали частиною харчового

ланцюга, оскільки білохвості мангусти почали їсти багатоніжок, коли самі прийшли в ліс [81].

Для підвищення результативності інтегрованих систем управління підприємством треба врахувати, що кожна можливість економічного здобутку чи екологічна небезпека може призвести до двох різних подій небезпечної або сприятливої. Загалом, наявність небезпечних чи сприятливих подій та їх наслідків дозволяють сформулювати коло втрат і здобутків – що являється основою для економічних оцінок. Запровадження такого підходу, дозволяє створення дієвої інтегрованої системи управління організацією, що базується, перш за все, на зменшенні втрат від різних небезпек і небезпечних подій, збільшенні прибутку (здобутку), зміцненні позицій на ринку, безпеки технологічних процесів, зменшення антропогенного навантаження на екосистеми, а також пошуку шляхів для майбутнього сталого розвитку організації. Іншими словами для підвищення результативності інтегрованих систем управління підприємством головним процесом є керування ризиками інтегрованих систем управління підприємством: можливостей і небезпек являється передбачення не тільки розвитку сприятливих подій під дією різних видів сприятливих чинників, а і виявлення (припущення) появи нових небезпек та небезпечних чинників, що дозволяє, завчасно, розробити і впровадити запобіжні заходи для збільшення ризиків можливостей економічного здобутку і зменшення ризиків екологічних небезпек.

В даному дослідженні наведено обґрунтування взаємозв'язку між можливостями і небезпеками в системах управління безпекою праці та здоров'я працівників згідно ISO 14001 що дозволяють запланувати комбіновані стратегії реагування на ризик. Оскільки розвиток бізнес-стратегій призводить до необхідності створення систем управління де інтереси всіх сторін збалансовані. *Для цього необхідно застосувати зрозумілий процес керування ризиками, який би враховував взаємозв'язок між можливостями і небезпеками та пріоритетність розподілу ресурсів між сферами управління. Це дозволить прийняття рішень керівниками або командам, тісно пов'язаним із певними функціями щодо розробки та затвердження ініціатив та планів для досягнення поставлених цілей.*

Висновки за другим розділом

1. Визначено екологічну небезпеку, як стан системи «суспільство – навколишнє середовище», що характеризується присутністю або можливістю виникнення чинників, дія яких може прямо або опосередковано привести до погіршення екологічного стану довкілля (атмосферного повітря, поверхневих вод і ґрунтів) та здоров'я людей і природної біоти.

2. Запропонована чотирифакторна модель для кількісної оцінки екологічного ризику, як добуток ймовірності настання екологічної небезпечної події, тривалості, інтенсивності викиду шкідливої речовини та ступеня її небезпечності.

3. Запропонована модель з оцінки екологічних ризиків, яка характеризує та визначає взаємозв'язок між екологічною небезпекою (екологічним аспектом за визначенням ДСТУ ISO 14001), екологічною небезпечною подією та екологічними наслідками. Відмінністю, наведеної моделі від існуючих являється врахування впливу різних небезпечних чинників на настання небезпечної події та тяжкість наслідків, а також врахування особливостей запобіжних та захисних дій, обраних для уникнення розвитку найгірших сценаріїв зазначених подій.

4. Розроблено 11-кроковий процес керування ризиками, який базується на моделі причинно-наслідкового взаємозв'язку між небезпекою і комплексною небезпечною екологічною подією, ймовірність настання якої, визначається через комбінований вплив різних груп небезпечних чинників, а тяжкість наслідків після настання небезпечної екологічної події розраховується як добуток тривалості, інтенсивності викиду шкідливої речовини викиду та ступеня її небезпечності.

5. Розроблено диференційовані оціночні шкали для визначення ймовірності настання екологічної небезпечної події, інтенсивності та тривалості емісії шкідливої (екологічно небезпечної) речовини, залежно від характеристики наслідків для довкілля та ступеню її небезпечності, що визначається за класом токсичності речовини та її гранично-допустимої концентрації.

6. Запропоновано ієрархію технологій зменшення або усунення екологічних небезпек з модифікованою матрицею Хеддона, що відображає взаємозв'язок між технологічними підходами на різних фазах розвитку екологічно небезпечної події. У

запропонованій інтегрованій схемі передбачені превентивні технології, спрямовані на усунення або заміну джерел екологічних небезпек, зменшення їх інтенсивності чи ризику прояву (зона відповідальності техногенного об'єкта). Центральна частина запропонованої схеми позначає момент реалізації небезпеки – забруднення довкілля, після якого активуються технології реагування та ліквідації наслідків.

7. Запропоновано перенести людиноцентричну модель управління ризиками (матрицю Хеддона) в еколого-орієнтований контекст, де ключовим об'єктом захисту є довкілля як система, а людина – його частина. У оновленому вигляді матриця Хеддона відображає системний підхід до управління екологічними ризиками, що поєднує превентивну логіку технологій з фазовою логікою реагування, забезпечуючи цілісне бачення динаміки екологічної безпеки у часі та просторі. Запропонований підхід дозволяє системно проаналізувати повний життєвий цикл екологічно небезпечної події – від запобігання до відновлення довкілля – і визначити межі відповідальності різних суб'єктів управління ризиками..

8. Запропонована структуризація етапів розвитку екологічно небезпечної події за фазами технологічного реагування, що дозволяє системно відобразити логіку переходу від профілактики до відновлення довкілля. П'яти фазна модель забезпечує цілісне бачення управління екологічними ризиками – від усунення причин і мінімізації ймовірності виникнення події до ліквідації її наслідків. Такий підхід сприяє формуванню ефективної системи технологічного захисту довкілля, що інтегрує профілактичні, оперативні та відновлювальні технології, забезпечуючи безперервність і послідовність екологічної безпеки на всіх стадіях розвитку небезпеки..

9. Розроблено модель і алгоритм керування екологічними ризиками на основі поєднання різних наслідків відповідно до рівня екологічних та економічних втрат, а також втрати життя (під час надзвичайних подій, аварій чи катастроф) та здоров'я.

10. Визначено взаємозв'язок між ймовірністю настання небезпечної екологічної події та тяжкістю її наслідків з урахуванням економічних, екологічних та професійних ризиків на основі використання діаграми Ейлера-Венна, що дозволило побудувати модель взаємодії між небезпеками і можливостями в екологічній, соціальних та економічній сферах промислового підприємства.

11. Для підвищення результативності інтегрованих систем управління промислових регіонів розроблено процес керування ризиками можливості економічного здобутку і екологічної небезпеки, який відрізняється від відомих наявністю встановленого взаємозв'язку між можливістю економічного здобутку та появою небезпеки екологічних, соціальних та економічних втрат.

12. На основі прикладів реальних екологічно небезпечних подій проілюстровано оцінювання ризиків для прийняття управлінських рішень щодо підвищення результативності інтегрованої системи управління промисловим регіоном за рахунок застосування матриці можливостей-небезпек, коли економічна можливість – збільшення видобутку вапняку для виготовлення цементних сумішей, призвела до екологічної небезпеки – суттєвого погіршення екологічного стану довкілля, що в результаті дозволило знайти додаткову економічну можливість наприклад від екотуризму.

Матеріали, наведені в розділі, опубліковані в наступних роботах автора [12, 18].

Література до розділу 2

1. Shams, S., Prasad, D.M.R., Imteaz, M.A., Khan, M.M.H., Ahsan, A., Karim, M.R. (2023). An Assessment of Environmental Impact on Offshore Decommissioning of Oil and Gas Pipelines. *Environments*, 10, 104. <https://doi.org/10.3390/environments10060104>.

2. Яцишин, А.В., Артемчук, В.О., Попов, О.О. (2012). Класифікація моделей забруднення атмосферного повітря. Моделювання та інформаційні технології, 63, 49-58. Режим доступу: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/38037>.

3. Статюха, Г.А., Джигирей, І.Н., Бондаренко, І.С., Левчук, С.П. (2008). Підходи до прогнозування забруднення повітря двоокисом азоту в м. Києві. Східно-Європейський журнал передових технологій. Серія: Технології неорганічних та органічних речовин та екологія, 31, 43-48.

4. Liang, C.-S., Duan, F.-K., He, K.-B., Ma, Y.-L. (2016). Review on recent progress in observations, source identifications and countermeasures of PM_{2.5}. *Environment International*, 86, 150-170. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.016>.

5. Dominković, D.F., Dobravec, V., Jiang, Y., Nielsen, P.S., Krajačić, G. (2018). Modelling smart energy systems in tropical regions. *Energy*, 155, 592-609. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.007>.

6. Zhang, H., Zhao, Z., Cai, A., Liu, B., Wang, X., Li, R., Wang, Q., Zhao, H. (2022). Source Apportionment of Heavy Metals in Wet Deposition in a Typical Industry City Based on Multiple Models. *Atmosphere*, 13, 1716. <https://doi.org/10.3390/atmos13101716>.

7. Іщенко, М.В. (2018). Створення небезпеки для життя, здоров'я людей чи довкілля як наслідок забруднення або псування земель. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Юриспруденція, 32, 102-105. Режим доступу: <https://www.vestnik-pravo.mgu.od.ua/index.php/arkhiv-nomeriv?id=109>.

8. Смирнова, С.М., Смирнов, В.М., Шаповалов, О.О. (2014). Забруднення атмосферного повітря транспортними засобами м. Миколаєва. Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського, Серія: Біологічні науки, 6.2 (107), 57-63. Режим доступу: http://mdu.edu.ua/?page_id=2243.

9. Vulanović, S., Delić, M., Kamberović, B., Beker, I., Lalic, B. (2020). Integrated management systems based on risk assessment: Methodology development and case studies. *Advances in Production Engineering & Management*, 15, 93-106. <https://doi.org/10.14743/apem2020.1.352>.

10. Бутенко, В.Б. (2019). Підстави застосування запобіжних заходів. Регіональні інноваційні ініціативи: завдання та шляхи вирішення. НДІ ПЗІР НАПрН України, 178-184. Режим доступу: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/13225>.

11. Holmes, B.D., Haglund, K., Ameh, E.A., Olaomi, O.O., Uthman, U., Cassidy, L.D. (2020). Understanding Etiologies of Road Traffic Crashes, Injuries, and Death for Patients at National Hospital Abuja: A Qualitative Content Analysis Using Haddon's Matrix. *The Qualitative Report*, 25(4), 962-974. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2020.4152>.

12. Tsopa, V.A., Cheberyachko, L., Yavorska, O.O., Bil'ko, T.O. (2023). Improvement of the professional risk management process according to Haddon's matrix. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 105-112. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-2/105>.

13. Колєнов, О.М. (2016). Сутність екологічної політики в контексті державного управління. Вісник Національного університету цивільного захисту України. Серія:

Державне управління, 1, 136-141. Режим доступу: <http://vdu-nuczu.net/ua/8-ukr/13-vipusk-4-2016>.

14. Jang, H.-J., Ahn, Y.-H., Tae, S.-H. (2022). Proposal of Major Environmental Impact Categories of Construction Materials Based on Life Cycle Impact Assessments. *Materials*, 15(14), 5047. <https://doi.org/10.3390/ma15145047>.

15. Borja, L.C.A., César, S.F., Cunha, R.D.A., Kiperstok, A.A. (2018). Quantitative Method for Prediction of Environmental Aspects in Construction Sites of Residential Buildings. *Sustainability*, 10(6), 1870. <https://doi.org/10.3390/su10061870>.

16. Панченко, Н.Г. (2018). Формування системи ризик-менеджменту на залізничному транспорті України. *Агросвіт*, 22, 34-41. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2018.22.34>.

17. Doregar Zavareh, R.; Dana, T.; Roayaei, E.; Monavari, S.M.; Jozi, S.A. The Environmental Risk Assessment of Fire and Explosion in Storage Tanks of Petroleum Products. *Sustainability* 2022, 14, 10747. <https://doi.org/10.3390/su141710747>

18. Corben, B., Peiris, S., & Mishra, S. (2022). The Importance of Adopting a Safe System Approach—Translation of Principles into Practical Solutions. *Sustainability*, 14(5), 2559. <https://doi.org/10.3390/su14052559>

19. Twigg, J., Christie, N., Haworth, J., Osuteye, E., & Skarlatidou, A. (2017). Improved Methods for Fire Risk Assessment in Low-Income and Informal Settlements. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(2), 139. <https://doi.org/10.3390/ijerph14020139>

20. Sahoo, P. K., Datta, R., Rahman, M. M., & Sarkar, D. (2024). Sustainable Environmental Technologies: Recent Development, Opportunities, and Key Challenges. *Applied Sciences*, 14(23), 10956. <https://doi.org/10.3390/app142310956>

21. Goel, A., Masurkar, S., & Pathade, G. R. (2024). An Overview of Digital Transformation and Environmental Sustainability: Threats, Opportunities, and Solutions. *Sustainability*, 16(24), 11079. <https://doi.org/10.3390/su162411079>

22. Li, J., Wu, J., Rong, X., Yang, Q., & Sun, Z. (2025). The Novel Hazard Control and Accident Prevention System for Sustainable Chemical Lab Management. *Sustainability*, 17(17), 8015. <https://doi.org/10.3390/su17178015>

23. Shaheen, F., Lodhi, M. S., Rosak-Szyrocka, J., Zaman, K., Awan, U., Asif, M., Ahmed, W., & Siddique, M. (2022). Cleaner Technology and Natural Resource Management: An Environmental Sustainability Perspective from China. *Clean Technologies*, 4(3), 584-606. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4030036>
24. Lemos, J., de Souza, V. B., Falcetta, F. S., de Almeida, F. K., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2024). A System for Individual Environmental Risk Assessment and Management with IoT Based on the Worker's Health History. *Applied Sciences*, 14(3), 1021. <https://doi.org/10.3390/app14031021>
25. Mammadov, E. (2025). THE APPLICATION OF ADVANCED TECHNOLOGIES FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION. Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ», (August 1, 2025; Seoul, South Korea), 116–124. <https://doi.org/10.36074/logos-01.08.2025.018>
26. Gunjyal N, Rani S, Asgari Lajayer B, Senapathi V, Astatkie T. A review of the effects of environmental hazards on humans, their remediation for sustainable development, and risk assessment. *Environ Monit Assess*. 2023 Jun 1;195(6):795. doi: 10.1007/s10661-023-11353-z. PMID: 37264257; PMCID: PMC10234584.
27. Akhundov, R., & Islamov, I. (2025). Implementation of new technologies for cleaning and neutralizing radiological and chemical contaminants in military environments. Матеріали конференцій МЦНД, (30.05. 2025; Київ, Україна), 321-329. <https://doi.org/10.62731/mcnd-30.05.2025.006>
28. Визначення тяжкості наслідків вибуху пального на автозаправної станції / Цопа В.А., Дерюгін О.В., Забеліна В.А., Чеберячко Л.М. Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. 2025. Вип. 50. С. 200-209. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.50.2025.336385>.
29. 1. Ispas, L., Mironeasa, C., Silvestri, A. (2023). Risk-Based Approach in the Implementation of Integrated Management Systems: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 15, 10251. <https://doi.org/10.3390/su15131025>.
30. Khalil, M.K., Muneenam, U. (2021). Total Quality Management Practices and Corporate Green Performance: Does Organizational Culture Matter? *Sustainability*, 13, 11021. <https://doi.org/10.3390/su131911021>.

31. Cocklin, C., Moon, K. (2020). Environmental Policy. *International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition)*, 227-233. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10788-7>.

32. Георгіаді, Н.Г. (2009). Моніторинг стану інтегрованих систем управління економічним розвитком машинобудівних підприємств. *Регіональна економіка*, 1, 121-128. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/regek_2009_1_17.

33. Jørgensen, T.H., Remmen, A., Mellado, M.D. (2006) Integrated Management Systems - Three Different Levels of Integration. *Journal of Cleaner Production*, 14, 713-722. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.04.005>.

34. Crovini, C., Ossola, G., Britzelmaier, B. (2021). How to reconsider risk management in SMEs? An Advanced, Reasoned and Organised Literature Review. *European Management Journal*, 39(1), 118-134. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.11.002>.

35. Shirouyehzad, H., Rafiee, F.M., Berjis, N. (2017). Performance evaluation and prioritization of organizations based on knowledge management and safety management approaches using DEA. *Journal of Modelling in Management*, 12, 77-95. <https://doi.org/10.1108/JM2-03-2015-0010>.

36. Björnsdóttir SH, Jensson P, de Boer RJ, Thorsteinsson SE. (2022). The Importance of Risk Management: What is Missing in ISO Standards? *Risk Analysis*, 42(4), 659-691. <https://doi.org/10.1111/risa.13803>.

37. Ivanova, A., Gray, J., Sinha, K. (2014). Towards a unifying theory of management standard implementation: The case of ISO 9001/ISO 14001. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(10), 1269-1306. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-03-2013-0117>.

38. Ahmed, A., Kayis, B., Amornsawadwatana, S. (2007). A review of techniques for risk management in projects. *Benchmarking: An International Journal*, 14, 22-36. <https://doi.org/10.1108/14635770710730919>.

39. Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction: Dissertation. [Dissertation, Aalto University]. *VTT Technical Research Centre of Finland*. Режим доступу: <https://publications.vtt.fi/pdf/publications/2000/P408.pdf>.

40. Moljevic, S., Rajkovic, D., Maric, B., Medakovic, V., Đurđević, S. (2013). Integrated systems management in small and medium enterprises. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 11(4), 315-320. Режим доступу: <https://www.proquest.com/docview/1462412702>.

41. Zutshi, A., Sohal, A.S. (2005). Integrated management system: The experiences of three Australian organisations. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(2), 211-232. <https://doi.org/10.1108/17410380510576840>.

42. Sepp Neves, A.A., Pinardi, N., Martins, F., Janeiro, J., Samaras, A., Zodiatis, G., De Dominicis, M. (2015). Towards a common oil spill risk assessment framework - Adapting ISO 31000 and addressing uncertainties. *Journal of Environmental Management*, 159, 158-168. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.044>.

43. Bazaluk, O., Tsopa, V., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Radchuk, D., Borovytskyi, O., Lozynskyi, V. (2023) Ergonomic risk management process for safety and health at work. *Frontiers in Public Health*, 11, 1253141. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1253141>.

44. Taguchi, R., Tanoue, M., Yamazaki, D., Hirabayashi, Y. (2022). Global-Scale Assessment of Economic Losses Caused by Flood-Related Business Interruption. *Water*, 14, 967. <https://doi.org/10.3390/w14060967>.

45. Стандарт ISO 9001:2015. Quality management systems. Requirements. Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/62085.html>.

46. Zairi, M. Total Quality Management: Contributions to Theory and Application; Independently published: *Traverse City, MI, USA*, 2020. ISBN 978-1674379067. Режим доступу: <https://www.amazon.com/Total-Quality-Management-Contributions-Application/dp/1674379064>.

47. Азаров, С.І., Задунай, О.С. (2019). Аналіз природних катастроф та їх впливу на довкілля. *Екологічна безпека та природокористування*, 32(4), 78-91. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2019.4.78-91>.

48. Офіційний сайт UN Office for Disaster Risk Reduction. *Disaster losses & statistics*. Режим доступу: <https://www.preventionweb.net/understanding-disaster-risk/disaster-losses-and-statistics>.

49. Волошин, С.М., Жарова, Л.В., Хлобистов, Є.В., Чебанов, О.А. Соціально-економічний аналіз надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру:

моногр. – Сімферополь: *Видавництво НДІ СРП*. - 2010. - 258 с. ISBN: 9789667321918.

Режим доступу: <https://discovery.kpi.ua/Record/000237714/Description>.

50. Качинський, А.Б, Іванюта, С.П. (2012). Оцінка економічного ризику надзвичайних ситуацій в областях Західного регіону України. *Регіональна економіка*, 2, 64-72. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/regek_2012_2_8.

51. Поляк, К.Ю. (2017). Наслідки надзвичайних ситуацій з позиції впливу на господарську діяльність як об'єкту управління, бухгалтерського обліку та економічного аналізу. *Ефективна економіка*, 2. Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5455>.

52. Тимошук, С.В., Фірман, В.М., Петришин, Р.С. (2020). Безпека професійної діяльності та економічні наслідки. *Ефективна економіка*, 3. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.3.51>.

53. Мотайло, О.В. (2020). Ризики та загрози національній безпеці. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління*, 31(70)-5, 116-121. <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-6468/2020.5/20>.

54. Воробйова, І.С. (2014). Оцінка виробничого травматизму як напрямок підвищення ефективності управління персоналом. *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності*, 1(10), 65-70. <https://doi.org/10.31498/2225-6407.10.2014.35369>.

55. Хаустова, К.М., Дем'янович, Е. (2023). Управління кадровим потенціалом підприємства в умовах сучасної нестабільності. *Економіка та суспільство*, 56. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-43>.

56. Alsaidalani, R., Elmadhoun, B. (2022). Quality Risk Management in Pharmaceutical Manufacturing Operations: Case Study for Sterile Product Filling and Final Product Handling Stage. *Sustainability*, 14, 9618. <https://doi.org/10.3390/su14159618>.

57. Zairi, M. Total Quality Management: Contributions to Theory and Application; Independently published: *Traverse City, MI, USA*, 2020. ISBN 978-1674379067. Режим доступу: <https://www.amazon.com/Total-Quality-Management-Contributions-Application/dp/1674379064>

58. Сирочук, Н.А. (2010). Ризик як економічна категорія в діяльності підприємства. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки*, 4(4), 54-61. Режим доступу: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/?page_id=457.
59. Покшевніцька, Т.В. (). Критерії оцінки впливу на довкілля. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-289-0-10>.
60. Selvinsimpson, S., Chen, Y. (2022). Chapter 12 - Industry and environmental life-cycle assessment: background and perspective. *Environmental Sustainability and Industries Technologies for Solid Waste, Wastewater, and Air Treatment*, 275-287. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90034-8.00022-1>.
61. Doregar Zavareh, R., Dana, T., Roayaei, E., Monavari, S.M., Jozi, S.A. (2022). The Environmental Risk Assessment of Fire and Explosion in Storage Tanks of Petroleum Products. *Sustainability*, 14, 10747. <https://doi.org/10.3390/su141710747>.
62. Порудєєва, Т.В., Ткаченко М.О., Крамаренко А.Ю. (2018). Концепція сталого розвитку регіону. *Приазовський економічний вісник*, 6(11), 356-359. Режим доступу: http://pev.kpu.zp.ua/journals/2018/6_11_uk/65.pdf.
63. Жученко, А.М. (2016). Поняття сталого розвитку в сучасній економіці. *Глобальні та національні проблеми економіки*, 13, 431-434. Режим доступу: <http://global-national.in.ua/archive/13-2016/86.pdf>.
64. Oh, S., Yoo, S., Kim, Y., Song, J., Park, S. (2021). Implementation of a System That Helps Novice Users Work with Linked Data. *Electronics*, 10, 1237. <https://doi.org/10.3390/electronics10111237>.
65. Zioło, M., Bąk, I., Spoz, A., Oesterreich, M., Niedzielski, P., & Raczkowski, K. (2023) Relationship between sustainable development and financial development from the perspective of the European green economy. Fuzzy approach. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1244119. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1244119>.
66. Lyalin, D. (2020). Applying Euler Diagrams and Venn Diagrams to Concept Modeling. *Bus Rules J*, 21(2), c021. Режим доступу: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/116852>.
67. Rodríguez, J.M., Payne, S.C., Bergman, M.E., Beus, J.M. (2011). The impact of the BP baker report. *Journal of Safety Research*, 42(3), 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2011.03.005>.

68. Cutchin, M.P., Martin, K.R., Owen, S.V., Goodwin, J.S. (2008). Concern about petrochemical health risk before and after a refinery explosion. *Risk Analysis*, 28(3), 589-601. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01050.x>.

69. Khan, F.I., Amyotte, P.R. (2007). Modeling of BP Texas City refinery incident. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20(4-6), 387-395. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2007.04.037>.

70. Isimite, J., Rubini, P. (2016). A dynamic HAZOP case study using the Texas City refinery explosion. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 40, 496-501. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.01.025>

71. Boston Consulting Group. The Business of Sustainability; Imperatives, Advantages, and Actions. *BCG Report, Boston Consulting Group: Zürich, Switzerland*, 2009. Режим доступу: <https://www.e-education.psu.edu/ba850/sites/www.e-education.psu.edu/ba850/files/Lesson2/Boston%20Consulting%20The%20Business%20of%20Sustainability.pdf>.

72. Nderitu, P.M. (2015). Relationship Between Competitive Strategies and Performance: A Case Study of Bamburi Cement Limited. Retrieved from: http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/93634/Nderitu_Relationship%20between%20competitive%20strategies%20and%20performance.pdf?sequence=3.

73. Shapoval, V., Sönmez, S., Hsieh, Y.-C., & Apostolopoulos, Y. (2022). Occupational health and safety of immigrant hotel housekeepers. *Workplace Health & Safety*, 70, 566-573. <https://doi.org/10.1177/21650799221090712>.

74. Guo, B.H., Weston, R., Jianphinitnan, P., Liu, W., Scheepbouwer, E., van der Walt, D., Goh, Y.M. (2021). A regulatory perspective on safety in design practices in New Zealand. *Safety Science*, 141, 105352. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2021.105352>.

75. Sokolovska, K., & Kasych, A. (2022). Trends in the development of construction industry enterprises. *Economy and Society*, (41). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-41-34>. (In Ukrainian)

76. Mbole, U.C, Arasa, R. & Mang'anyi, E.E. (2021). Environmental Initiatives and Financial Performance: A Study of Cement Manufacturing Companies in Kenya. *Journal of African Interdisciplinary Studies*, 5(8), 40-58. Retrieved from:

http://cedred.org/jais/images/july2021/PDF_Mbole_Arasa_Mangunyi_Environmental_Initiatives_and_Financial_Performance.pdf.

77. Fernández-Ríos, A., Laso, J., Aldaco, R., & Margallo, M. (2024). Environmental implications and hidden costs of artisanal spirulina (*Arthrospira platensis*) production and consumption. *Environmental Impact Assessment Review*, 108, 107579. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107579>.

78. Sepp Neves, A.A., Pinardi, N., Martins, F., Janeiro, J., Samaras, A., Zodiatis, G., De Dominicis, M. (2015). Towards a common oil spill risk assessment framework - Adapting ISO 31000 and addressing uncertainties. *Journal of Environmental Management*, 159, 158-168. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.044>.

79. Bazaluk, O., Tsopa, V., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Radchuk, D., Borovytskyi, O., Lozynskyi, V. (2023) Ergonomic risk management process for safety and health at work. *Frontiers in Public Health*, 11, 1253141. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1253141>.

80. Taguchi, R., Tanoue, M., Yamazaki, D., Hirabayashi, Y. (2022). Global-Scale Assessment of Economic Losses Caused by Flood-Related Business Interruption. *Water*, 14, 967. <https://doi.org/10.3390/w14060967>

81. Zairi, M. *Total Quality Management: Contributions to Theory and Application*; Independently published: Traverse City, MI, USA, 2020. ISBN 978-1674379067. Режим доступу: <https://www.amazon.com/Total-Quality-Management-Contributions-Application/dp/1674379064>.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ЗАПОБІЖНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ НЕБЕЗПЕКИ ДО ПРИЙНЯТНОГО РІВНЯ

3.1. Розробка методу з раціонального вибору природоохоронних технологій для зниження ризиків екологічної небезпеки

Важливо для будь-якого промислового регіону виявляти існування екологічних небезпек від впливу господарської та іншої діяльності [1]. Це дозволить передбачити їх прояв на довкілля, а отже і дозволить уникнути його забруднення [2]. Для цього зручно, застосовувати процедуру керування екологічними ризиками [3, 4]. Через фінансові й ресурсні обмеження промисловий регіон не може усунути всі небезпеки відразу. Виникає необхідність у пошуку раціонального рішення, яке з одного боку зменшило величини екологічних ризиків, а з іншого мінімізувало фінансові витрати на запровадження захисних заходів [5]. Ключовим в цьому процесі є пошук методів для мінімізації витрат на природоохоронні захисні технології, щодо зниження рівня екологічного ризику и до прийнятного рівня. Отже є актуальна задача розроблення методу раціонального вибору природоохоронних захисних технологій щодо підвищення екологічної безпеки промислових регіонів.

Для вирішення поставленої задачі необхідно сформуємо вхідні дані:

- 1) Усі екологічні небезпечні чинники виокремлюємо у відповідні групи (людські, технічні, технологічні, кліматичні та ін. [6];
- 2) ймовірності настання небезпечної екологічної події визначаймо за шкалою від 1 до 10 [7];
- 3) визначення первинного рівня екологічного ризику проводимо як суму ризику від кожного екологічного небезпечного чинника кожної [8];
- 4) кількість ефективних природоохоронних технологій для захисту довкілля визначаємо за рекомендаціями роботи [9];
- 5) оцінювання кожної природоохоронної технології проводимо у відповідності до фінансових витрат та результатів зниження рівня екологічного ризику [10, 11].

Зібрану інформацію систематизуємо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Вхідна інформація про НЧ небезпеки і заходи щодо її усунення або зменшення наслідків

№ п/п	Ідентифікація небезпеки та її чинників		Первинна оцінка рівня екологічного ризику			Первина оцінка прийнятності ризику від НЧ	Запобіжні і захисні заходи по зниженні рівня екологічного ризику до прийнятного рівня	
	Тип небезпеки	НЧ, що її викликає	Ймовірність небезпеки	Ступень тяжкості наслідків для екології	Екологічний ризик		Ідентифікація заходу	Витрати на захід
і		НЧ _{i1}	Ps_1^i	Ts_1^i	Rs_1^i	Прийнятний / Неприйнятний ризик	Захід _{д1} ⁱ¹	C_1^{i1}
							...	...
							Захід _{дm} ⁱ¹	C_m^{i1}
		НЧ _{i2}	Ps_2^i	Ts_2^i	Rs_2^i	Прийнятний / Неприйнятний ризик	Захід _{д1} ⁱ²	C_1^{i2}
							Захід _{дl} ⁱ²	C_l^{i2}
		...	...	...	...	...	...	...
		НЧ _{in}	Ps_n^i	Ts_n^i	Rs_n^i	Прийнятний / Неприйнятний ризик	Захід _{д1} ⁱⁿ	C_1^{in}
							...	...
							Захід _{дp} ⁱⁿ	C_p^{in}
Сумарний ризик по всіх НЧij					Σ	Прийнятний / Неприйнятний ризик	Максимальний бюджет	$Fund^i$

Наступний крок – вирішення завдань, які виникають для зменшення екологічних збитків [12]. Сформулюємо математичну модель раціонального вибору заходів, які потрібно провести для зменшення екологічного ризику до рівня, прийнятного і такого, що дозволяє проведення подальшої господарської діяльності. Критерієм оптимальності будемо вважати мінімізацію фінансових витрат на організацію і реалізацію сформованого комплексу заходів.

Введемо наступні позначення: i – ідентифікаційний номер небезпеки, $i = 1, \dots, I$; $MaxR^i$ – максимально допустимий екологічний ризик, пов'язаний з небезпекою i ; $Fund^i$ – фінансові втрати на проведення запобіжних заходів щодо усунення небезпеки

$i; j$ – порядковий номер небезпечного чинника, який викликаний небезпекою $j = 1, \dots, n_i$; q_j^i – кількість запобіжних або захисних заходів, які можна здійснити задля зниження професійного ризику.

Для кожного НЧ j , викликаного екологічною небезпекою i , відомими величинами вважатимемо наступні:

- Ps_j^i – його початкова ймовірність, $P_{low_j} < Ps_j^i < 1$, де $P_{low_i} > 0$ означає, що завжди існує ймовірність появи НЧ;
- Ts_j^i – початкова тяжкість наслідків від нього, $T_{low_j} \leq Ts_j^i \leq T_{up_j}$, де T_{low_j}, T_{max_j} – експертні оцінки найменшої й найбільшої ступені тяжкості наслідків від НЧ при негативному і позитивному розвитку подій;
- $Rs_j^i = Ps_j^i \cdot Ts_j^i$ – початковий екологічний ризик;
- $AdmR_j^i$ – рівень прийнятного екологічного ризику;
- C_m^{ij} – фінансові витрат на m -й запобіжний захід, $m = \underline{1, q_j^i}$.

Вихідними даними задачі є:

- Pf_j^i – кінцева оцінка ймовірності настання небезпечного чинника;
- Tf_j^i – кінцева оцінка тяжкості наслідків забруднення довкілля;
- Rf_j^i – кінцевий екологічний ризик;
- E_j^i – ефективність фінансових витрат, обчислена у розрахунку на одну умовну грошову одиницю:

$$E_j^i = \frac{Rs_j^i - Rf_j^i}{\sum_{m=1}^{q_j^i} C_m^{ij}};$$

- rP_m^{ij} і rT_m^{ij} – величини, які показують зниження відповідно ймовірності і тяжкості наслідків ТН у відсотковому еквіваленті після проведення заходу;
- R_m^{ij} – кінцевий рівень екологічного ризику після проведення m -ї запобіжної технології.

Будемо припускати, що небезпечні чинники є незалежними один від одного у тому сенсі, що поява одного не викликана появою іншого, і кожна з реалізованих

запобіжних технологій може забезпечити зменшення ризику від одного небезпечного екологічного чинника.

Сформульована нижче математична модель задачі раціонального вибору комплексу природоохоронних заходів є узагальненням моделі, представленої в [5] на випадок врахування можливості усунення якомога більшої кількості небезпек, які можуть заподіяти негативного ефекту на екологію довкілля.

Нехай $x_{mi}^j \in \{0,1\}$ – невідомі величини, які можуть приймати лише два значення:

$$x_m^{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } m - \text{й захід варто провести} \\ 0 \text{ у протилежному випадку, } m = \overline{1, q_j^i}, j = \overline{1, n_i}, i = \overline{1, I}. \end{cases}$$

Задача. Знайти такі значення x_m^{ij} , $m = \overline{1, q_j^i}, j = \overline{1, n_i}, i = \overline{1, I}$, які забезпечують мінімальне значення функції

$$Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{m=1}^{q_j^i} C_m^{ij} x_m^{ij}, \quad (3.1)$$

за наступних умов: для всіх $j = \overline{1, n_i}, i = \overline{1, I}$

$$\text{якщо } Rs_j^i \leq AdmR_j^i, \text{ то } x_m^{ij} = 0 \text{ для усіх } m = \overline{1, q_j^i}; \quad (3.2)$$

а якщо $Rs_j^i \geq AdmR_j^i$, то:

$$Pf_j^i = \max \left\{ P_{low_i}, Ps_i^i \left(1 - \sum_{m=1}^{q_j^i} rP_m^{ij} \cdot x_m^{ij} \right) \right\}; j = \overline{1, n_i}, i = \overline{1, I} \quad (3.3)$$

$$Tf_j^i = \max \left\{ T_{low_j}, Ts_j^i \left(1 - (Ts_j^i - T_{low_j}) \sum_{m=1}^{q_j^i} rT_m^{ij} \cdot x_m^{ij} \right) \right\}, \quad j = \overline{1, n_i}, i = \overline{1, I}; \quad (3.4)$$

$$Rf_j^i = Pf_j^i \cdot Tf_j^i, \quad j = \overline{1, n_i}, \quad i = \overline{1, I}; \quad (3.5)$$

$$Rf_j^i \leq AdmR_j^i, \quad j = \overline{1, n_i}, i = \overline{1, I}; \quad (3.6)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} Rf_j^i \leq MaxR^i, \quad i = \overline{1, I}; \quad (3.7)$$

$$x_m^{ij} \in \{0,1\}, \forall m = \overline{1, q_j^i}, j = \overline{1, n_i}, i = \overline{1, I}. \quad (3.8)$$

Отже, отримали задачу цілочисельного лінійного програмування [13, 14], яку також можна віднести до класу задач комбінаторної оптимізації [15], оскільки з усіх можливих комбінацій запобіжних технологій потрібно знайти найкращий (за певним критерієм).

Якщо поставити за мету визначити природоохоронні заходи, які забезпечують максимальну сумарну ефективність витрат на них, то замість мінімізації цільової функції (3.1) потрібно розв'язувати задачу максимізації наступної функції:

$$EFF = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{n_i} E_j^i = \sum_{j=1}^{n_i} \frac{Rs_j^i - Rf_j^i}{\sum_{m=1}^{q_j^i} C_m^{ij}}$$

за тих самих умов (3.2) – (3.7), а також дотримання бюджету:

$$\sum_{j=1}^{n_j} \sum_{m=1}^{q_j^i} C_m^{ij} x_{mi}^j \leq Fund^i, \quad i = 1, \dots, I.$$

Змоделюємо низку виробничих ситуацій та розв'яжемо відповідні задачі раціонального вибору комплексу заходів зі зниження екологічного ризику, оптимізуючи як сумарні витрати на проведення природоохоронних заходів, так і ефективність вкладених коштів. Обчислення виконуватимемо з використанням надбудови «Пошук рішення» в Microsoft Excel. З метою запобігання похибці ділення на нуль під час реалізації математичних моделей ефективність заходів обчислюватимемо за формулою

$$E_j^i = \frac{Rs_j^i - Rf_j^i}{\left(\sigma + \sum_{m=1}^{q_j^i} C_m^{ij}\right)},$$

де $\sigma > 0$ – деяка мала величина, порядку 10^{-8} або 10^{-6} .

Припустимо, що на підприємстві ідентифіковано чотири небезпечні чинники, для яких експертні оцінки професійного ризику перевищують допустимі значення. Службою охорони праці спільно з фінансовим підрозділом сформовано перелік запобіжних заходів, визначено очікуваний ефект у вигляді зниження ймовірності реалізації небезпеки або тяжкості її наслідків, а також оцінено відповідні фінансові витрати. Вихідні дані наведено в таблицях нижче (стовпчики 1–10). Результати розрахунків, отримані на основі моделі (3.1) – (3.8), подано в табл. 3.2.

Як показують результати, під час розв'язання задачі оптимального вибору комплексу заходів для досягнення допустимого рівня професійного ризику за всіма небезпечними чинниками за мінімальних витрат (436,207 із максимально можливих 750,412) було сформовано набір із 16 заходів (відповідні одиниці у стовпчику 7), що забезпечило зниження професійного ризику до прийнятного рівня. При цьому сумарна ефективність використання ресурсів становить 0,1647, максимальний рівень професійного ризику зменшено на 67%, а сукупний — на 75%.

Таблиця 3.2 Результати мінімізації витрат на запобіжні заходи на запропонованій математичній моделі

Небезпека / небезпечна подія / наслідки	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик від небезпечки - j з урахуванням НЧ - i	Граничне значення ризику	захід (i,m)	вибір заходу у по зниженню ПР	Витрати на запобіжні і захисні заходи	доля зниження ймовірності небезпеки	доля зниження тяжкості	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик після проведення заходу	Ефективність запровадження заходів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,87 min 0,03	8 Min 1 Max 10	6,96	5	1,1	1	9,997	0,05	0	0,365	6,25	2,284	0,042
					1,2	1	18,638	0,1	0,05				
					1,3	0	52,279	0	0,2				
					1,4	1	13,819	0,15	0				
					1,5	1	50,830	0,08	0,1				
					1,6	1	5,304	0,2	0				
					1,7	1	11,690	0	0,1				
2	0,75 min 0,03	9 min 1 Max 10	6,75	5	2,1	0	71,634	0,27	0,01	0,03	8,36	0,251	0,095
					2,2	1	26,397	0,38	0,05				
					2,3	1	30,173	0,43	0,03				
					2,4	1	11,626	0,47	0				
3	0,8 min 0,03	6 min 1 Max 10	4,8	5	3,1	1	60,476	0,22	0	0,32	5,85	1,872	0,0150
					3,2	1	57,168	0,14	0,01				
					3,3	0	56,283	0	0,15				
					3,4	1	72,138	0,19	0				
					3,5	1	5,156	0,05	0,02				
4	0,32 min 0,03	4 min 1 Max 10	1,28	5	4,1	1	16,300	0,26	0	0,134	3,94	0,53	0,0119
					4,2	0	58,864	0,07	0,08				
					4,3	1	20,878	0,15	0,02				
					4,4	0	75,145	0,04	0,12				
					4,5	1	25,616	0,17	0				
max			6,96	5		sum	750,412				max	2,284	
sum			19,79	5		16	436,207					4,936	0,1647
зниження ризику, %												67,188	

Розв'язуючи задачу раціонального (оптимального) вибору сукупності запобіжних технологій довкілля з метою досягнення прийнятного рівня екологічного

ризик у за всіма НЧ за мінімальних фінансових витрат (що складають **436,207 у.о.** з максимально можливих **750,412 у.о.**) вдалося сформувати комплекс із **16** запобіжних технологій довкілля (відповідні 1 елементам у стовпчику 7), за рахунок яких знижуємо рівень екологічного ризику до допустимого рівня. При цьому сумарна ефективність вкладення ресурсів становить **0,1647**. Максимальний ЕР вдалося знизити на **67 %**, сумарний – на **75 %**. У результаті розв’язання задачі максимізації ефективності вкладення ресурсів за тих самих умов і обмеженого бюджету у 500 у.о. отримано інший комплекс з **16** запобіжних технологій, яким відповідають сумарні витрати **497,494 у.о.** Ефективність склала **0,20342** (табл. 3.3), що у порівнянні із попереднім результатом (табл. 3.2) збільшилась лише на **21,5%**.

Таблиця 3.3 Результати максимізації ефективності витрат на запобіжні заходи

Небезпека/наслідки	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик від небезпечного НЧ - і	Гранічне значення ризику	захід (і,м)	вибір заходу по зниженню ПР	Витрати на запобіжні і захисні заходи	доля зниження ймовірності небезпеки	доля зниження тяжкості	Ефективність витрат одного заходу	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик після проведення заходу	Ефективність запровадження заходів
1	0,87 min 0,03	8 Min 1	6,96	5	1,1	0	9,997	0,05	0	0,034	0,365	4,85	1,772	0,031
					1,2	1	18,638	0,1	0,05	0,052				
					1,3	1	52,279	0	0,2	0,023				
					1,4	1	13,819	0,15	0	0,075				
					1,5	1	50,830	0,08	0,1	0,021				
					1,6	1	5,304	0,2	0	0,262				
					1,7	1	11,690	0	0,1	0,052				
2	0,75 min 0,03	9 1	6,75	5	2,1	1	71,634	0,27	0,01	0,026	0,075	8,76	0,657	0,145
					2,2	1	26,397	0,38	0,05	0,104				
					2,3	0	30,173	0,43	0,03	0,099				
					2,4	1	11,626	0,47	0	0,272				
3 min	0,8 0,03	6 1	4,8	5	3,1	1	60,476	0,22	0	0,017	0,32	5,1	1,632	0,012
					3,2	1	57,168	0,14	0,01	0,012				
					3,3	1	56,283	0	0,15	0,010				
					3,4	1	72,138	0,19	0	0,012				
					3,5	0	5,156	0,05	0,02	0,061				
4 min	0,32 0,03	4 1	1,28	5	4,1	1	16,300	0,26	0	0,020	0,182	4	0,729	0,013
					4,2	0	58,864	0,07	0,08	0,002				
					4,3	0	20,878	0,15	0,02	0,009				
					4,4	0	75,145	0,04	0,12	0,002				
					4,5	1	25,616	0,17	0	0,008				
max			6,96	5			750,412					max	1,772	0,145
sum			19,79	5		15	497,494					сума	4,790	0,203
виділено							500,0	зниження ризику %					71,5375	

Також можна отримати сукупність у 15 захисних запобіжних технологій і значно більшим бюджетом у **550,199 у.о.**, та меншою ефективності витрат **0,11687** (нижче за найкращий результат на **42,5%**). Вхідні і розрахункові дані наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 Мінімізація кількості запобіжних заходів для досягнення допустимого рівня професійного ризику

Небезпека/небезпечна подія/наслідки	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик від небезпечних уражень НЧ - і	Граничне значення ризику	захід (i,m)	вибір заходу по зниженню ПР	Витрати на запобіжні і захисні заходи	доля зниження ймовірності небезпеки	доля зниження тяжкості	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик після проведення заходу	Ефективність запровадження заходів
1 min	0,87 0,03	8 1	6,96	5	1,1	0	9,997	0,05	0	0,408 9	4,85	1,98316	0,0326
					1,2	1	18,638	0,1	0,05				
					1,3	1	52,279	0	0,2				
					1,4	1	13,819	0,15	0				
					1,5	1	50,830	0,08	0,1				
					1,6	1	5,304	0,2	0				
					1,7	0	11,690	0	0,1				
2 min	0,75 0,03	9 1	6,75	5	2,1	0	71,634	0,27	0,01	0,03	8,52	0,2556	0,0592
					2,2	0	26,397	0,38	0,05				
					2,3	1	30,173	0,43	0,03				
					2,4	1	11,626	0,47	0				
3 min	0,8 0,03	6 1	4,8	5	3,1	1	60,476	0,22	0	0,36	5,2	1,872	0,011
					3,2	1	57,168	0,14	0,01				
					3,3	0	56,283	0	0,15				
					3,4	1	72,138	0,19	0				
					3,5	0	5,156	0,05	0,02				
4 min	0,32 0,03	4 1	1,28	5	4,1	1	16,300	0,26	0	0,182 4	4	0,7296	0,0131
					4,2	0	58,864	0,07	0,08				
					4,3	1	20,878	0,15	0,02				
					4,4	1	75,145	0,04	0,12				
					4,5	1	25,616	0,17	0				
max			6,96	5		750,41				max	1,9832	0,0592	
sum			19,7 9	5		15	550,19					4,8404	0,1168
				виділено			700,0	зниження ризику %			71,506		

Якщо додатково запропонувати ефективніші запобіжні технології (наприклад такі, що дозволяють знижувати і ймовірність екологічної небезпечної події, і ступінь тяжкості її наслідків [16, 17], розв'язуючи поставлені задачі можна отримати кращі результати (зменшити фінансові витрати за рахунок меншої кількості запобіжних технологій [18, 19], зазначені запобіжні технології будуть серед відібраних, про що свідчать розрахункові дані з таблиць 3.5-3.7. В них представлений оптимальний вибір

із розширеного списку комплексу запобіжних технологій для зниження рівня екологічного ризику за критеріями мінімізації витрат, максимізації ефективності використаних матеріальних ресурсів, мінімізації кількості заходів відповідно.

Таблиця 3.5 Мінімізація витрат з додатковими можливими заходами

Небезпека/небезпечна подія/наслідки	Ймовірність настання небезпечної події	Ступень тяжкості наслідків в небезпечної події	Екологічний ризик від небезпечних з урахуванням НЧ - і	Граничне значення ризику	захід (і, т)	вибір заходу по зниженню ЕР	Витрати на запобіжні захисні заходи	доля зниження ймовірності небезпечки	доля зниження тяжкості	Ймовірність настання небезпечної події	Ступень тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик після проведення заходу	Ефективність запровадження заходів
1	0,87 min 0,03	8 1	6,96	5	1,1	1	9,997	0,05	0	0,261	6,6	1,722	0,0772
					1,2	1	18,638	0,1	0,05				
					1,3	0	52,279	0	0,2				
					1,8	1	20,000	0,2	0,15				
					1,4	1	13,819	0,15	0				
					1,5	0	50,830	0,08	0,1				
					1,6	1	5,304	0,2	0				
					1,7	0	11,690	0	0,1				
2 min	0,75 0,03	9 1	6,75	5	2,1	0	71,634	0,27	0,01	0,03	8,36	0,250	0,0953
					2,2	1	26,397	0,38	0,05				
					2,3	1	30,173	0,43	0,03				
					2,4	1	11,626	0,47	0				
3 min	0,8 0,03	6 1	4,8	5	3,1	1	60,476	0,22	0	0,432	5,9	2,548	0,0163
					3,2	0	57,168	0,14	0,01				
					3,3	0	56,283	0	0,15				
					3,4	1	72,138	0,19	0				
					3,5	1	5,156	0,05	0,02				
4 min	0,32 0,03	4 1	1,28	5	4,1	1	16,300	0,26	0	0,118	4	0,473	0,0124
					4,2	0	58,864	0,07	0,08				
					4,6	0	33,800	0,1	0,2				
					4,7	1	23,000	0,2	0				
					4,8	0	10,000	0	0,16				
					4,3	0	20,878	0,15	0,02				
					4,4	0	75,145	0,04	0,12				
					4,5	1	25,616	0,17	0				
max			6,96	5		сума	837,21				max	2,548	
сума			19,79	5		14	338,64					4,995	0,2013
зниження ризику, %												63,379	

У порівнянні із попередніми результатами значення критеріїв ефективності покращились: мінімальні витрати 338,64 у.о (замість 436,207 у.о, зменшились на 22,37%), сумарна ефективність 0,26243 (замість 0,20342, збільшилась на 29%) і мінімальна кількість заходів 12 (замість 15).

Ефективність вкладення коштів у запобіжні технології можна збільшити майже вдвічі (на 99,65%) у порівнянні з ефективністю мінімальної кількості технологій, що

дозволяють знизити екологічний ризик до допустимих норм, що досягається за рахунок максимізації ефективності витрат на запровадження останніх.

Таблиця 3.6 Максимізація ефективності витрат з додатковими заходами

Небезпека/небезпечна подія/наслідки	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик від небезпечного з урахуванням НЧ-і	Граничне значення ризик	захід (i,m)	вибір заходу по зниженню ЕР	Витрати на запобіжні і захисні заходи	доля зниження ймовірності небезпеки	доля зниження тяжкості	Ефективність витрат одного заходу	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик після проведення заходу	Ефективність запровадження заходів
1	0,87	8	6,96	5	1,1	0	9,997	0,05	0	0,0348	0,304	6,6	2,009	0,0857
					1,2	1	18,638	0,1	0,05	0,0520				
					1,3	0	52,279	0	0,2	0,0233				
					1,8	1	20,000	0,2	0,15	0,1061				
					1,4	1	13,819	0,15	0	0,0755				
					1,5	0	50,830	0,08	0,1	0,0219				
					1,6	1	5,304	0,2	0	0,2624				
					1,7	0	11,690	0	0,1	0,0520				
2	0,75	9	6,75	5	2,1	0	71,634	0,27	0,01	0,0260	0,112	8,6	0,967	0,1520
					2,2	1	26,397	0,38	0,05	0,1042				
					2,3	0	30,173	0,43	0,03	0,0996				
					2,4	1	11,626	0,47	0	0,2728				
3	0,8	6	4,8	5	3,1	1	60,476	0,22	0	0,0176	0,32	5,85	1,872	0,0150
					3,2	1	57,168	0,14	0,01	0,0123				
					3,3	0	56,283	0	0,15	0,0106				
					3,4	1	72,138	0,19	0	0,0126				
					3,5	1	5,156	0,05	0,02	0,0612				
4	0,32	4	1,28	5	4,1	1	16,300	0,26	0	0,0204	0,038	3,34	0,1282	0,0096
					4,2	0	58,864	0,07	0,08	0,0027				
					4,6	1	33,800	0,1	0,2	0,0089				
					4,7	1	23,000	0,2	0	0,0111				
					4,8	0	10,000	0	0,16	0,0153				
					4,3	1	20,878	0,15	0,02	0,0099				
					4,4	0	75,145	0,04	0,12	0,0021				
					4,5	1	25,616	0,17	0	0,0084				
max			6,96	5		сума	837,212					max	2,009	0,1520
сума			19,79	5		15	410,316					сума	4,977	0,2624
Виділено 700,0								зниження ризику %				71,12		

Зауважимо, що звісно, можуть виявитися такі ситуації, коли за певних умов розв'язку у задач не існуватиме. Або бракуватиме коштів, або технології, які пропонуються, не зможуть забезпечити зниження екологічного ризику хоча б по

одному НЧ. У такому випадку потрібно ретельно виявити додаткові можливості і розробити відповідні запобіжні заходи. За наведеними в табл. 3.8 результатами розрахунку сумарного екологічного ризику можна простежити, як змінюється його величина із додаванням кожного наступного заходу (відповідно до таблиць 4 – 6) , а отже, й матеріальних витрат на їх проведення. Кошторис 15 заходів, що дозволяє досягти прийняттого екологічного ризику, складає 497 у.о.

Таблиця 3.7 Мінімізація кількості заходів з додатковими заходами

Небезпечна/ небезпечна подія/ наслідки	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик від небезпечка - j з урахуванням НЧ - i	Граничне значення ризику	захід (i,m)	вибір заходу по зниженню ЕР	Витрати на запобіжні і захисні заходи	доля зниження ймовірності небезпечки	доля зниження тяжкості	Ймовірність настання небезпечної події	Ступінь тяжкості наслідків небезпечної події	Екологічний ризик після проведення заходу	Ефективність запровадження заходів
1 min max	0,87 0,03	8 1 10	6,96	5	1,1	0	9,997	0,05	0	0,2349	5,9	1,38591	0,051
					1,2	1	18,638	0,1	0,05				
					1,8	1	20,000	0,2	0,15				
					1,3	0	52,279	0	0,2				
					1,4	1	13,819	0,15	0				
					1,5	1	50,830	0,08	0,1				
					1,6	1	5,304	0,2	0				
2 min max	0,75 0,03	9 1 10	6,75	5	1,7	0	11,690	0	0,1	0,03	8,68	0,2604	0,0572
					2,1	1	71,634	0,27	0,01				
					2,2	0	26,397	0,38	0,05				
					2,3	1	30,173	0,43	0,03				
3 min max	0,8 0,03	6 1 10	4,8	5	2,4	1	11,626	0,47	0	0,36	5,95	2,142	0,01400
					3,1	1	60,476	0,22	0				
					3,2	1	57,168	0,14	0,01				
					3,3	0	56,283	0	0,15				
					3,4	1	72,138	0,19	0				
4 min max	0,32 0,03 0,33	4 1 10	1,28	5	3,5	0	5,156	0,05	0,02	0,288	3,4	0,9792	0,008
					4,1	0	16,300	0,26	0				
					4,2	0	58,864	0,07	0,08				
					4,6	1	33,800	0,1	0,2				
					4,7	0	23,000	0,2	0				
					4,8	0	10,000	0	0,16				
					4,3	0	20,878	0,15	0,02				
max			6,96	5		сума	837,212				max	2,142	0,05721
сума			19,79	5		12	445,607					4,7675	0,1314
Виділено							700,0	зниження ризику %				69,224	

Цей результат дещо відрізняється від попередніх, оскільки тут не формулюється задача пошуку найкращого (в певному сенсі) комплексу запобіжних технологій, а лише демонструється можливість за рахунок проведення певної їх кількості дістатися межі допустимого екологічного ризику у 5 одиниць. В табл. 3.9 наведена аналогічні результати, але стосовно лише НЧ 1, початковий екологічний ризик для якого становить

6,96 одиниць. За рахунок проведення лише перших за наведеним списком заходів, його можна знизити до 4,62 одиниці. Візуалізація даних з табл. 3.8 представлена на рис. 3.1 і 3.2. Також зазначимо, що прийнятний рівень ризику 5 одиниць (і сумарного за всіма НЧ, і лише за першим відповідно) дозволяє продемонструвати можливості його досягнення за рахунок певних фінансових витрат на проведення визначеної кількості запобіжних технологій.

Таблиця 3.8. Зміна сумарного ризику зі збільшенням кількості запобіжних заходів і витрат

кількість заходів	витрати	сумарний ризик	кількість заходів	витрати	сумарний ризик
0	0,0	19,79	13	382,9	5,99
1	10,0	19,44	14	440,0	5,03
2	28,6	18,48	15	496,3	4,92
3	80,9	17,45	16	568,5	4,13
4	100,9	15,77	17	573,6	3,88
5	114,7	15,09	18	589,9	3,55
6	165,6	14,47	19	648,8	3,41
7	170,9	13,69	20	682,6	3,18
8	182,6	13,55	21	705,6	2,98
9	254,2	11,69	22	715,6	2,92
10	280,6	9,04	23	736,5	2,79
11	310,8	7,55	24	811,6	2,73
12	322,4	7,05	25	837,2	2,67

Аналіз даних з рис. 3.1 і 3.2 вказує на існування раціональної кількості запобіжних технологій, виходячи з їх ефективності, які забезпечать зниження рівня екологічного ризику до прийнятного, виходячи з мінімізації фінансових витрат. В конкретному випадку при загальному рівні ризику у 20 одиниць від умовної екологічної небезпеки та дії чотирьох груп НЧ при обмеженні фінансових витрат у 500 у.о. було визначено що можна застосувати комплекс із 16 запобіжних технологій, які дозволяють зменшити рівень екологічного ризику до прийнятного рівня із загальною сумою витрат 440 у.о.

Витрати - Сумарний ризик

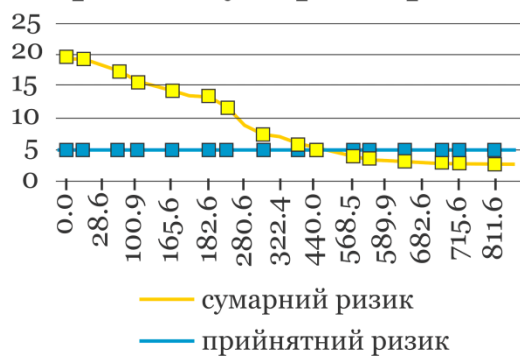


Рис. 3.1. Зниження сумарного екологічного ризику зі збільшенням витрат на запобіжні заходи

Витрати - Ризик для небезпечного чинника 1

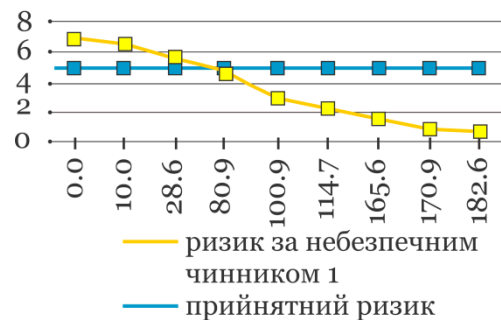


Рис. 3.2. Зниження ризику одного НЧ зі збільшенням витрат на запобіжні заходи

Крім того, достатньо буде і комплекс із 12 запобіжних технологій вартістю 445 у.о. з ефективністю запровадження 69 % або комплекс із 15 запобіжних чи захисних заходів - вартістю 550 у.о та ефективністю у 71 %.

При цьому для зменшення екологічного ризику від одного НЧ до прийнятного рівня, комплекс із 5-ти запобіжних технологій буде коштувати 80,9 у.о.

Для зменшення ймовірності настання небезпечної екологічної події від виявленої екологічної небезпеки, виникає необхідність у фахівців обґрунтувати деяку кількість результативних захисних чи запобіжних технологій [20, 21]. При цьому кожна технологія має собівартість, а також ефективність запровадження [22, 23]. Звідси виникає задача у пошуку такого поєднання заходів, яке дозволить зменшити рівень екологічних ризику до прийнятного рівня при мінімальних фінансових витратах [24, 25]. Для вирішення цієї задачі використовуються різні підходи на основі структурних рівнянь [26], моделювання Монте-Карло [27], інструментарію для підтримки прийняття рішень [28] використання методів багатокритеріальної моделі прийняття рішень [29]. Разом з тим, жоден з зазначених методів вимагає доопрацювання для визначення ефективності витрат для реалізації найкращої комбінації запобіжних технологій для зниження екологічного ризику. Для вирішення цієї задачі запропоновано математичну модель цілочисельного лінійного програмування, яка дозволяє забезпечити оптимізацію вибору сукупності запобіжних технологій. Особливістю запропонованого підходу являється врахування величини зниження ймовірності настання небезпечної екологічної події та ступенів тяжкості наслідків від

кожного НЧ на кожную витрачену умовну грошову одиницю. Звідси постановка і розв'язання оптимізаційної задачі вибору найвигідніших із заходів дозволяє знизити величину ризику до прийнятного рівня через обґрунтування максимальної кількості запобіжних технологій, виходячи із фінансових обмежень, обґрунтування максимальної сумарної ефективності витрат для досягнення прийнятного рівня екологічного ризику та обґрунтуванні мінімальної сукупності запобіжних технологій, при заданих фінансових ресурсах. Крім того, запропонований підхід дозволяє провести оцінку додаткових економічних заходів може значно покращити показники оптимальності вибору комплексу технологій щодо зниження екологічного ризику.

Розглядаючи, умовний приклад зі зниження рівня екологічного ризику від екологічної небезпеки з чотирма НЧ, за рахунок запровадження 16 запобіжних та захисних технологій, було показано можливість заощадження фінансових витрат, за рахунок збільшення ефективності їх використання до 21%, у порівнянні із застосуванням мінімальної кількості захисних технологій, які дозволять зменшити екологічний ризик до прийнятної величини.

Хоча моделі і методи цілочисельного лінійного програмування добре зарекомендували себе під час розв'язання практичних задач дослідження операцій [30, 31], запропонована на їх основі методика раціонального вибору комплексу запобіжних технологій може стикатися з певними труднощами. Адже, ключовою складовою запропонованого підходу щодо вибору превентивних дій є підготовка вихідних даних для формулювання оптимізаційних задач. Оцінювання ймовірності появи НЧ, ступеня тяжкості наслідків, аналіз усіх можливих запобіжних технологій з точки зору зменшення ризику небезпеки є трудомістким процесом [32]. Майбутні дослідницькі зусилля повинні бути спрямовані на розширення масштабу шляхом включення ширшого діапазону та більшої вибірки проектів. Збільшення тематичних досліджень може допомогти підтвердити попередні результати, отримані тут від однієї програми, і це може перевірити або скоригувати, наприклад, відсоткове збільшення, яке розглядається в нашій моделі [33, 34].

3.2. Розроблення процедури прийняття управлінських рішень для мінімізації екологічних збитків в промислових регіонах

В системах управління екологічною безпекою (ISO 14001) використовується два основних методологічних підходи: цикл Шухарта-Демінга (PDCA) для системи управління і процес керування ризиками (RMP) [35]. В основі циклу PDCA покладена ідея постійного вдосконалення систем управління для досягнення відповідних цілей [36]. Зокрема його реалізація дозволяє розробити кроки для усунення недоліків у відповідній сфері управління організації. Це дозволить уникнути, принаймні зменшити, кількість збоїв і відмов елементів системи і тим самим збільшити їх результативність і дієвість

Пропонується до відомого RMP додати крок (процедуру) - прийняття управлінського рішення на основі визначених оцінок ризику (рис. 3.3).



Рис. 3.3 Схема вдосконаленого процесу керування ризиками

Це дозволяє ще на кроках – визначення ситуацій (контексту) та оцінювання ризику раціоналізувати структурований обмін інформацією про ймовірності настання небезпечної події, тяжкості втрати з метою визначення потенціалу організації для прийняття чи неприйняття розрахованого рівня ризику. Також, введення додаткового кроку дозволить відразу врахувати вплив на прийняття управлінського рішення можливостей з досягнення другорядних цілей (покращення культури безпеки,

залучення працівників до допоміжного управління ризиками), які враховуються при оцінюванні рівня ризиків як сприятливі чи небезпечні чинники щодо ймовірності настання небезпечної події від виявленої небезпеки. Крім того, додавання процедури прийняття управлінського рішення дозволить відразу визначати доцільність застосування запобіжних і захисних заходів зі зниження ризиків до прийнятного рівня на основі розрахунків кількості ресурсів необхідних для зниження ризиків. Відсутність зазначеного кроку, часто призводило, що рішення ухвалювали вже після проведення процесу керування ризиками, а це не дозволяло забезпечити швидкий вплив на ризик. Додатковий крок – прийняття управлінського рішення на основі оцінювання ризику (рис. 3.10), який включає в себе можливі варіанти прийнятих рішень: прийняття, зниження, передача чи відмова від прийнятного і неприйнятного ризику.

Таблиця 3.10. Етапи вдосконаленого RMP у поєднанні з циклом PDCA

Крок процесу керування ризиком	Характеристика
Планування (PLAN)	
1. Обмін інформацією	Відбувається збір необхідної інформації про небезпеку і її наслідки
2. Визначення ситуації (контексту)	Відбувається ідентифікація небезпечних чинників, небезпечних подій та тяжкості наслідків, визначення ймовірності та тяжкості наслідків
3. Оцінювання ризику	Відбувається розрахунок рівня ризику.
4. Прийняття рішення на основі оцінки рівня ризику	Рішення на основі оцінки ризику: прийняти ризик; не прийняти; передати ризик; знизити ризик.
Виконання (DO)	
5. Вплив на ризик	Впровадження запобіжних і захисних заходів для зниження не прийнятних рівнів ризиків до прийнятного рівня.
Перевірка (CHECK)	
6. Моніторинг і перевірка	Мета моніторингу та перевірки полягає в дієвості запобіжних і захисних заходів для зниження не прийнятних рівнів ризиків до прийнятного рівня.
Дії (ACTION) перехід до Планування (PLAN)	
7. Документування та звітність	Документування результатів і надання зворотного зв'язку. Результати моніторингу та перевірки мають бути частиною діяльності щодо загального управління організацією, оцінки результативності, а також складання звітності.

Кількість можливих варіантів управлінських рішень потребує додавання до RMP циклу PDCA. Це дозволить забезпечити пошук найкращого варіанту рішення, виходячи із мінливих умов виробничого середовища, а також усунення виявлених

недоліків чи невідповідностей, дефектів або помилки у системі управління організацією, що впливають на оцінку ризику. Це призводить до необхідності перегляду карти ризиків, отримання нової інформації, щодо впливу небезпечних чинників, перевірки ефективності застосування запобіжних та захисних заходів чи зменшення суб'єктивності (упередженості) оцінювання ризиків. Тому пропонується поєднати процедуру поліпшення самого RMP із застосуванням циклу PDCA з процедурою прийняття управлінського рішення, що забезпечить своєчасне виявлення можливих суб'єктивних упереджень в отриманих результатах і висновках

Аналізуючи доцільність поєднання RMP з циклом PDCA можна дійти до висновку щодо необхідності застосування не тільки кільцевого циклу PDCA, а циклу побудованого на основі спіральної динаміки [37], яка показує трансформацію певного еволюційного стану, що характеризується цінностями, переконаннями, світоглядами, культурою в інший. Кільцевий (звичайний) цикл PDCA по суті відображає забезпечення, тобто утримання діяльності організації на одному рівні досягнення результативності і ефективності систем управління. Нажаль він не забезпечує розвиток системи управління в повному об'ємі. Це означає, що RMP не дозволяє постійно адаптуватись, до будь-яких мінливих умов зовнішнього і відповідно внутрішнього середовища.

Використання спіральної динаміки до циклу PDCA дозволить забезпечити найкраще рішення, оскільки воно уточняється на кожному новому витку спіралі (ітерації або етапі розробки версії системи). Таким чином, постійно поглиблюються та конкретизуються деталі оцінки ризиків, потрібний результат і, в підсумку, обирається обґрунтований варіант рішення, який доводиться до реалізації [38]. Спіральна модель (у будь-якому випадку її графічне зображення), тобто кожний з її витків – етапів розробки, складається з чотирьох етапів циклу PDCA.

На етапі виконання розуміється частина RMP на якій визначається шлях виконання управлінського рішення і завершується створення конкретного результату, визначеного у вимогах. Проходження циклу повторюється на кожному витку спіралі. Відміною рисою спірального циклу PDCA являється можливість багаторазового повернення на більш кращому рівні до етапу «планування», якщо виявиться необхідність внесення змін. Це позитивна властивість моделі, бо на кожному

етапі циклу може виникнути потреба змін, а внесення змін на будь-якій стадії обов'язково починається з внесення змін до попередньо зафіксованих вимогах. Це може бути пов'язане з виявленням нових небезпечних чинників, небезпек чи їх комбінацій чи недостатньої обґрунтованості сформульованих вимог або неузгодженості окремих позицій, відсутності потрібних інформаційних або технічних ресурсів, зниження обсягів фінансового забезпечення тощо.

Пропонується використовувати два спіральних циклу PDCA, що сходиться і розходиться. Так, для процедури прийняття управлінського рішення щодо доцільності відмови та передачі неприйнятного ризику застосовувати спірального циклу PDCA, що сходиться, оскільки він дозволяє на кожній наступній ітерації збільшує можливості для отримання прийнятного рівня ризику, внаслідок запровадження циклів для адаптації прийнятих рішень, виходячи із можливостей внутрішнього середовища організацій. Для прийняття рішення зі зниження ризику до прийнятного, за рахунок розробки запобіжних і захисних заходів із застосуванням спірального циклу PDCA, що сходиться. Це дозволить, повертаючись до наступного кола спіралі збільшувати можливості системи управління за рахунок зниження неприйнятного рівня ризику до прийнятного завдяки залученню нових запобіжних і захисних заходів, процедур, інших компонентів і модулів у відповідності до нових виявлених можливостей в RMP.

Отже, зважаючи на наведені аргументи, пропонується в процесі RMP використовувати кільцевий і два види спіральних циклів PDCA:

- перший – кільцевий цикл (Рис. 3.4 а), що утримує досягнений високий рівень якості процесу керування ризиками, тим самим забезпечує постійно високу результативність і ефективності діяльності систем управління організацій;

- другий – спіральний цикл (Рис. 3.4 б), що розходиться, буде описувати покращення процесу керування ризиками для збільшення результативності і ефективності діяльності систем управління організацій.

- третій – спіральний цикл (Рис. 3.4 в), що сходиться, буде застосовуватись для зменшення невідповідностей, небезпек, помилок, рівнів ризиків тощо в процесі керування ризиками.

Беручи до уваги зазначені типи циклів PDCA, тобто кільцевий і спіральні, вдосконалено процес керування ризиками, що наведений схематично на рис. 3.5, в

якому використовуються зазначені цикли:

- перший – пов'язаний з рішенням прийняти прийнятний ризик, за рахунок визначення захисних і запобіжних заходів і для цього буде застосовано спіральний цикл PDCA, який сходиться і приводить зниження неприйняттого рівня ризику до прийнятного рівня ризику (Рис. 3.4 в);

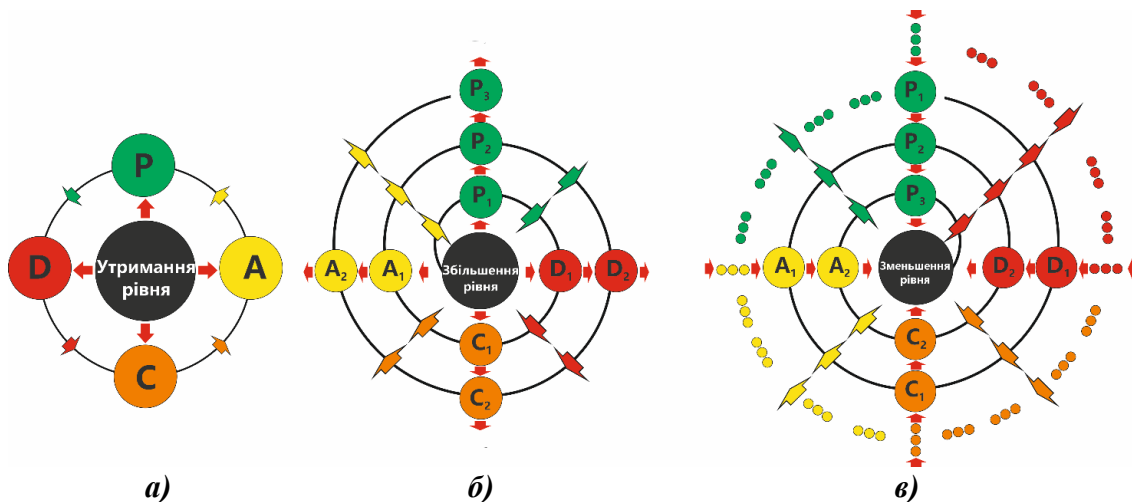


Рис. 3.4. Види (типи) циклів PDCA, де P-plan, D-do, C-Check, A-action:

а) кільцевий цикл PDCA, який утримує рівень результативності, дієвості тощо процесів системи управління; б) спіральний цикл PDCA, який розходиться і збільшує рівень результативності, дієвості тощо процесів системи управління; в) спіральний цикл PDCA, який сходиться і зменшує рівень втрат пов'язаних з невідповідностями, помилками, небезпечними подіями, ризиками тощо в процесах систем управління

- другий – пов'язаний з переглядом небезпек, небезпечних чинників чи їх комбінацій і відповідно їх ризиків при змінах в системі управління і для цього буде застосовано спіральний цикл PDCA, який розходиться та створює можливість збільшення результативності і дієвості процесу керування ризиками (Рис. 3.4 б);

- третій – пов'язаний з поліпшенням самого процесу керування ризиками і для цього буде застосовано цикл PDCA, який є кільцевим і який створює постійний високий рівень виконання вимог даного процесу(рис. 3.4 а).

Розподіл кроків за розширеним RMP відповідно до спіральних циклів PDCA передбачає: перші чотири кроки (ідентифікації, аналізу, визначення та оцінки ризику),

які являються однаковими для двох циклів. Далі, виходячи із рішення щодо прийнятності ризику переходимо або на кроки 11 – 15 (приймаємо, документуємо, розробляємо, впроваджуємо та переглядаємо прийнятний ризик на основі спірального циклу PDCA, який розходиться) або на кроки 5 – 10 (приймаємо, відмовляємось, знижуємо, розробляємо заходи зі зниження неприйнятної ризику на основі спірального циклу PDCA, який сходиться). Кроки 16 – 19 передбачені для вдосконалення самого процесу керування ризиками на основі спірального циклу PDCA, який розходиться. Розподіл зазначених кроків, розробленого алгоритму між складовими циклу PDCA наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11. Етапи вдосконаленого процесу керування ризиками поєднані з спіральними циклами PDCA

№	Складові циклу PDCA	Кроки циклів PDCA		
		Спіральних		Кільцевого
		Що сходиться	Що розходиться	
1	Планування (PLAN)	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10	1, 2, 3, 4, 11,12,13,14, 15	16, 17,18,19
2	Виконання (DO)			
3	Перевірка (CHECK)			
4	Дії (ACTION) перехід до Планування (PLAN)			

Кожен крок керування ризиком потребує розробки відповідної процедури (ідентифікації небезпек і небезпечних чинників, побудови шкал ймовірності і тяжкості наслідків небезпечної події, визначення і оцінювання ризику, обґрунтування і розробка запобіжних і захисних заходів, моніторингу та інші), які забезпечують отримання відповідного результату.

На основі аналізу представленого RMP (рис. 3.5) і моделі керування ризиками (рис. 3.6) можна побудувати матрицю «Результати – Ризики» (рис. 3.7), яка дозволяє виявити чотири види досягнення результатів при прийнятних і неприйнятних ризиках. Перший – досягнуто результати при прийнятних ризиках. Другий – досягнуто результати при неприйнятних ризиках. Третій – не досягнуто результати при прийнятних ризиках. Четвертий – не досягнуто результати при неприйнятних ризиках.

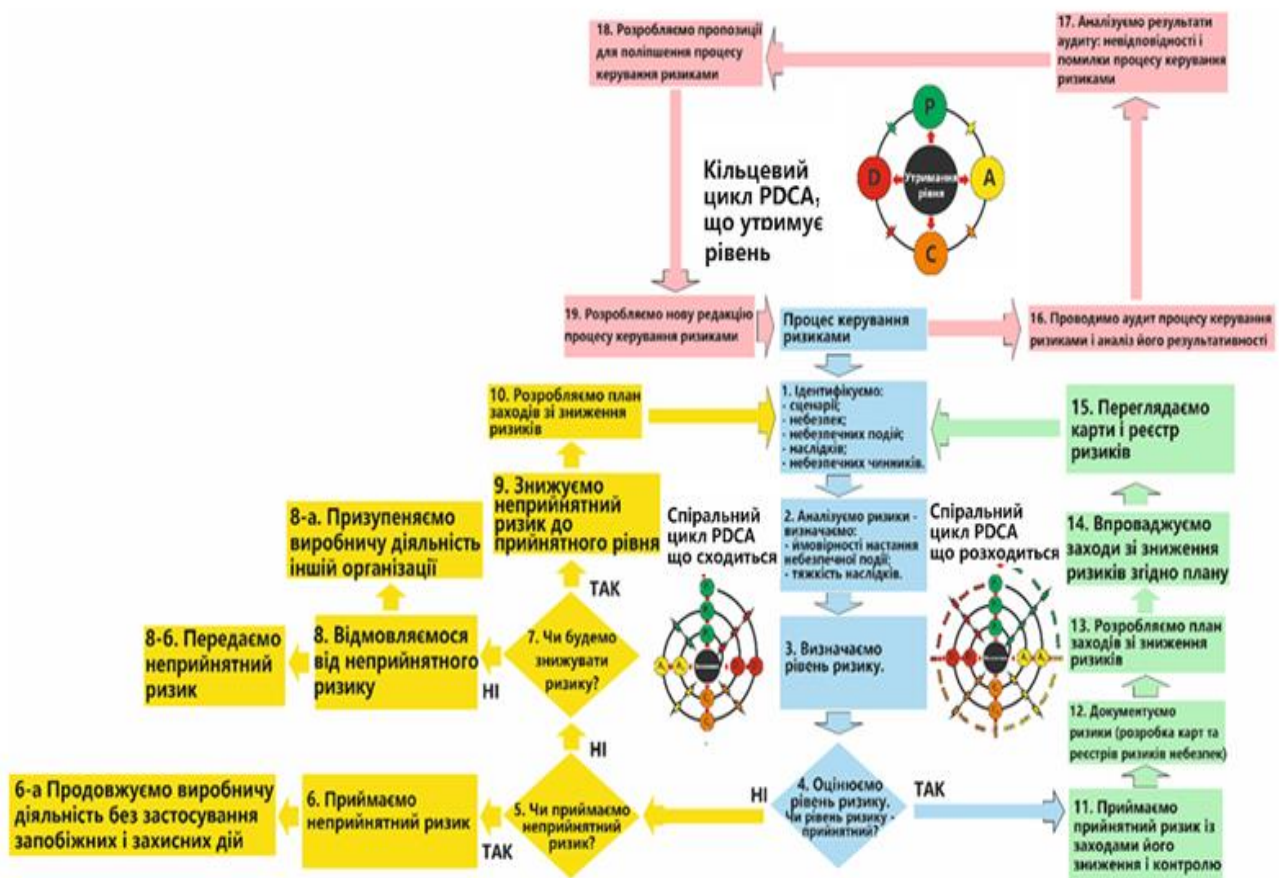


Рис. 3.5. Вдосконалений процес керування ризиками на основі кільцевого і двох спіральних циклів PDCA, що сходиться і розходиться.

		Ризики	
		Прийнятні	Неприйнятні
Результат діяльності	Досягнуто	I. Досягнуто результат при прийнятих ризиках	II. Досягнуто результат при неприйнятих ризиках
	Не досягнуто	III. Не досягнуто результату і є прийнятні ризики	IV. Не досягнуто результату і є неприйнятні ризики

Рис. 3.6. Матриця «Результати – Ризики»

Зазначений розподіл допомагає проаналізувати та визначити варіанти можливих рішень. Загалом існують вісім комбінацій управлінських рішень, відповідно до рівня ризику (прийнятний/неприйнятний) та чотирьох варіантів рішень: прийняти ризик, знизити ризик, передати ризик чи відмовитись від ризику (рис. 3.7).

Для визначення ієрархії рішень (Рис. 3.7) проведемо їх аналіз впливу на результативність системи управління, досягнення неприйняття ризику та відсутності витрат в системах управління (табл. 3.12). Першим пріоритетним управлінським рішенням, є прийняти прийнятний ризик, коли отримуємо результативність системи управління при прийнятному ризику і відсутності витрат на запобіжні і захисні заходи.

МАТРИЦЯ РІШЕНЬ ВІДНОСНО ОЦІНКИ РИЗИКУ		ОЦІНКА РИЗИКУ	
		ПРИЙНЯТНИЙ	НЕПРИЙНЯТНИЙ
РІШЕННЯ	Прийняти	Прийняти прийнятний ризик	Прийняти неприйнятний ризик
	Знизити	Знизити прийнятний ризик	Знизити неприйнятний ризик
	Передати	Передати прийнятний ризик	Передати неприйнятний ризик
	Відмовитись	Відмовитись від прийнятного ризику	Відмовитись від неприйнятного ризику

Рис. 3.7. Матриця рішень відносно оцінки ризику і можливих рішень

Другим за пріоритетністю є рішення знизити неприйнятний рівень ризику до прийнятного, оскільки при цьому досягається результативність системи управління при забезпеченні прийнятному ризику, який досягається шляхом запровадження запобіжних і захисних заходів, які потребують витрат. Третім за пріоритетністю являється рішення зі зниження прийнятного рівня ризику до меншого рівня ризику, що забезпечує поліпшує результативність системи управління з меншим рівнем ризику чим прийнятний рівень, однак при цьому є витрати на запобіжні і захисні заходи. Четвертим за пріоритетністю буде рішення щодо передачі неприйнятного ризику іншій організації, при цьому результат діяльності, тобто результативність системи управління, може бути відсутня, оскільки є неприйнятний ризик, що приведе до неприйнятних втрат. При цьому відсутні витрати на захисні та запобіжні заходи. Прийняття за пріоритетністю четвертого рішення - передати не прийнятний ризик доречне за умови, що втрати в системах управління організації значно перевищують зиски (прибутки) від досягнення результату. П'яте рішення за пріоритетністю - відмова від неприйнятного ризику, призводить до відсутності, як результату, так і витрат на запобіжні і захисні заходи. Єдиною позитивною стороною цього рішення являється тільки відсутність витрат в системах управління організацією на запобіжні заходи.

Шосте рішення за пріоритетністю передати прийнятний ризик приводить до відсутності результату в системі управління і відсутності витрат на запобіжні і захисні витрати, зазвичай виникає через невідповідність потужностей організації. Сьоме рішення за пріоритетністю – відмовитись від прийнятного ризику теж виникає по схожим тим же причинам, що і шосте рішення. Восьме рішення за пріоритетністю - прийняти неприйнятний ризик – найгірший з можливих рішень, часто означає, що в організації не було вибору або відбулось неусвідомлене прийняття ризику. При цьому результат може бути досягнутий, але втрати будуть неприйнятні. Неусвідомлене прийняття неприйнятного ризику часто трапляється через некомпетентність керівників, або переоцінку власних можливостей або через недоліки методів оцінювання ризику, нестачу інформації, не виявлення всіх небезпечних чинників, відсутності керування ризиками в організації, тощо. Проведений аналіз різних комбінацій рішень згідно рівня ризику відносно досягнення результату діяльності (табл. 3.12), дозволяє розробити ієрархію рішень з урахуванням оцінки ризику (рис. 3.8).

Таблиця 3.12. Аналіз рішень відносно досягнення результату діяльності та досягнутого ризику і витрат на запобіжні і захисні заходи

№	Управлінське рішення	Досягнення результату діяльності	Досягнуто прийнятний рівень ризику	Відсутність витрат на запобіжні і захисні заходи	Місце в ієрархії рішень
1.	Прийняти прийнятний ризик	+	+	+	I
2.	Знизити прийнятний ризик	+	+	-	III
3.	Передати прийнятний ризик (аутсорсинг, тощо)	-	+	-	VI
4.	Відмовитись від прийнятного ризику	-	+	-	VII
5.	Прийняти неприйнятний ризик	-	-	-	VIII
6.	Знизити не прийнятний ризик	+	+	-	II
7.	Передати неприйнятний ризик (аутсорсинг, тощо)	-	+	-	IV
8.	Відмовитись від неприйнятного ризику	-	+	+	V

Примітка. Позначення в таблиці: ”+” - так, “-” – ні



Рис. 3.8. Ієрархія рішень відносно оцінки ризику

Важливість оцінки ризиків для прийняття рішення сумнівів не викликає [39, 40]. Процес прийняття рішення не запроваджувався як елемент керування ризиками, а являвся окремою складовою в системах управління організацією [41, 42]. Необхідність його введення – як додатковий крок у процес керування ризиками, дозволяє підвищити результативність останнього. Підвищення результативності процесу керування ризиками відбувається за рахунок підвищення узгодженості очікувань з можливостями організації [43], а також через мінімізацію широкого спектру впливів різноманітних випадкових подій, які в кінцевому підсумку завдають значного матеріального збитку [44, 45].

Додавання етапу прийняття рішення до процесу керування ризиками призводить до необхідності розширення принципів керування ризиків. До основних принципів, що визначені стандартом ISO 31000, як інтегрування, структурованість, адаптованість, інклюзивність, динамічність, постійне вдосконалення, виникла необхідність у додаванні принципу спіральності циклу PDCA (рис. 3.9). Це дозволить забезпечити пошук найкращого рішення в існуючих умовах та можливостях організації. Також поєднання спірального циклу PDCA з процесом керування ризиками призведе до більшої гнучкості у виборі моделі керування ризиками, яка задовольнить конкретні вимоги виробничого середовища. Крім того, спіральність зазначеного циклу PDCA забезпечує постійне поліпшення всієї системи управління на кожному новому витку розвитку циклу PDCA [27, 28, 44, 45]. Наприклад, на початку дослідження (табл. 3.2) до етапу планування циклу PDCA віднесли процедури ідентифікація небезпек і небезпечних чинників, аналіз ризиків, оцінку ризиків, планування запобіжних і захисних заходів по зниженню не прийнятних ризиків до прийнятного рівня; до етапу виконання - запровадження запобіжних і захисних

заходів по зниженню ризиків до прийнятного рівня; до етапу перевірки – перевірка результативності і дієвість запобіжних і захисних заходів по зниженню ризиків до прийнятного рівня; до етапу дія - аналіз помилок і вдосконалення процесу керування ризиками. Однак, в результаті розробки вдосконаленого алгоритму керування ризиками на основі спіралей циклу PDCA (рис. 3.5) наповненість етапів була значно розширена, оскільки з'явилась «прийняття рішення», яке передбачає різний розвиток подій: від прийняття прийнятного ризику до відмови від неприйнятного ризику. До того ж процес керування ризиками потребує постійного перегляду, що також створює необхідність перегляд оцінювання ризиків. Цикл PDCA дійсно створює можливість обрати найкращий варіант з можливих рішень в системах управління на основі рівня ризику і можливостей організації.

До переваг вдосконаленого процесу керування ризиками з спіральними і кільцевими циклами PDCA слід віднести можливість його застосування в системах управління якості (ISO 9001), екології (ISO 14001), безпеки праці і здоров'я працівників (ISO 45001), енергоспоживання (ISO 50001), харчової безпеки (ISO 22001), інформаційної безпеки (ISO 27001) тощо [37, 44, 45]. Це дозволить приймати рішення зважаючи на ризики, а також поставлені цілі.



Рис. 3.9. Вдосконалення принципів керування ризиками з урахуванням принципу спіральних і кільцевих циклів PDCA»

Запропонований вдосконалений процес керування ризиками наведений на рис. 3.3 для зниження рівня ризику до прийнятного, виходячи із визначення виявлених небезпек і небезпечних чинників. Використовуючи такий підхід до керування

ризиками, організації можуть визначити пріоритети своїх зусиль та зосередитися на найбільш критичних областях, а також на глибину зниження ризиків для прийняття відповідних управлінських рішень [46]. Наскільки глибоко потрібно опрацьовувати ризики, щоб досягти усвідомлення можливого розвитку подій. Також потрібно визначити підходи з аналізу результативності і ефективності альтернативних запобіжних заходів, враховуючи показники їх вартості, дієвості і часу для їх реалізації.

Висновки за третім розділом

1. Розроблено математичну модель цілочисельного лінійного програмування для визначення раціональної кількості запобіжних технологій захисту довкілля для зменшення екологічного ризику із сукупності альтернативних, на основі пошуку цільових функцій та обмежувальних умов, які впливають з чотирифакторної моделі ризику, при цьому встановлено, що ефективність запровадження комплексу захисних та запобіжних технологій довкілля підвищиться до 21 %.

2. Показано, що для зниження сумарного рівня ризику у 20 одиниць від дії умовної екологічної небезпеки з чотирьма групами НЧ достатньо комплексу із 12 запобіжних та захисних заходів вартістю 445 у.о. з ефективністю запровадження 69 % або 15 - вартістю 550 у.о з ефективністю 71 %.

3. Вдосконалено процес керування ризиками, який на відміну від відомого передбачає взаємозв'язок між прийнятим управлінським рішенням (з урахуванням рівня ризику) та досягненням результату із застосування циклів PDCA 2 видів: спіральних і кільцевого.

4. визначено закономірності між кількістю захисних /запобіжних природоохоронних технологій та фінансовими витратами на їх реалізацію, які дозволяють обрати раціональний варіант для зниження ступеню екологічного ризику виходячи із дієвості технологій та їх вартості.

5. Запропоновано зниження неприйнятного рівня ризику до прийнятного рівня шляхом застосування спірального циклу PDCA, що сходиться, який дозволяє досягти головну мету RMP –забезпечення прийнятного рівня в системі управління.

6. Запропоновано перегляд небезпек, небезпечних чинників, небезпечних подій, наслідків, визначення і оцінки ризику у випадках періодичних або суттєвих змінах в системі управління із застосуванням спірального циклу PDCA, що розходиться, який забезпечує зростання рівня результативності і дієвості RMP в умовах змін (виникнення помилок, невідповідностей, небезпечних чинників, небезпечних подій, тощо).

7. Запропоновано поєднати постійне поліпшення процесу керування ризиками шляхом застосування кільцевого циклу PDCA, що забезпечить утримання високого рівня результативності і дієвості RMP.

8. Проведено аналіз та запропоновано ієрархію з восьми комбінацій управлінських рішень, відповідно до рівня ризику (прийнятний/неприйнятний) та чотирьох типів управлінських рішень: прийняти ризик, знизити ризик, передати ризик чи відмовитись від ризику.

Матеріали, наведені в розділі, опубліковані в наступних роботах автора [5].

Література до розділу 3

1. Jiménez, A., & Arrieta, Y., Nuñez, M.A., & Villanueva, E. (2024). Management of Strategic Risks for the Sustainability of SMEs in the Manufacturing Sector in Antioquia. *Sustainability*, 16, 2094. <https://doi.org/10.3390/su16052094>.

2. Kaiser, J., & Lerch, M. (2022). Sedimentary faecal lipids as indicators of Baltic Sea sewage pollution and population growth since 1860 AD. *Environmental Research*, 204(Part C), 112305. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112305>.

3. Lin, B., & Zhang, A. (2023). Can government environmental regulation promote low-carbon development in heavy polluting industries? Evidence from China's new environmental protection law. *Environmental Impact Assessment Review*, 99, 106991. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106991>.

4. Rehman, A., Ma, H., Ozturk, I., & Ulucak, R. (2022). Sustainable development and pollution: the effects of CO2 emission on population growth, food production, economic development, and energy consumption in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(12), 17319-17330. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16998-2>.

5. Rational choice of a complex of preventive measures to reduce environmental risks of hazards to an acceptable level / V.Tsopa, Ia Shavarskyi, L Koryashkina, L. Cheberiachko, Yu Vakal and Ya Litvinova// IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1457012009. DOI:10.1088/1755-1315/1457/1/012009.

6. Foroutan Mirhosseini, A., Pitera, K., Odeck, J., & Welde, M. (2022). Sustainable Project Management: Reducing the Risk of Cost Inaccuracy Using a PLS-SEM Approach. *Sustainability*, 14(2), 960. <https://doi.org/10.3390/su14020960>.

7. Yan, C., Xiang, X., Li, L., Li, G. (2023). Environmental Credit Constraints and the Enterprise Choice of Environmental Protection Behavior. *Sustainability*, 15(24) 16638. <https://doi.org/10.3390/su152416638>.

8. Jiménez, A., Arrieta, Y., Nuñez, M.A., & Villanueva, E. (2024). Management of Strategic Risks for the Sustainability of SMEs in the Manufacturing Sector in Antioquia. *Sustainability*, 16(5), 2094. <https://doi.org/10.3390/su16052094>.

9. Cao, G., She, J., Cao, C., & Cao, Q. (2024). Environmental Protection Tax and Green Innovation: The Mediating Role of Digitalization and ESG. *Sustainability*, 16(2):577. <https://doi.org/10.3390/su16020577>.

10. Cho, J.-H., Shin, Y.-S., Kim, J.-J., & Kim, B.-S. (2024). Exploring Cost Variability and Risk Management Optimization in Natural Disaster Prevention Projects. *Buildings*, 14(2), 391. <https://doi.org/10.3390/buildings14020391>.

11. Alsugair, A.M. (2022). Cost Deviation Model of Construction Projects in Saudi Arabia Using PLS-SEM. *Sustainability*, 14(24), 16391. <https://doi.org/10.3390/su142416391>.

12. Górecki, J., & Díaz-Madroñero, M. (2020). Who Risks and Wins?—Simulated Cost Variance in Sustainable Construction Projects. *Sustainability*, 12(8):3370. <https://doi.org/10.3390/su12083370>.

13. Przywara, D., & Rak, A. (2021). Monitoring of Time and Cost Variances of Schedule Using Simple Earned Value Method Indicators. *Applied Sciences*, 11(4), 1357. <https://doi.org/10.3390/app11041357>.

14. Qiu, Y.L., & Xiao, G.F. (2020). Research on Cost Management Optimization of Financial Sharing Center Based on RPA. *Procedia Computer Science*, 166, 115-119. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.031>.

15. Nabawy, M., & Khodeir, L.M. (2020). A systematic review of quantitative risk analysis in construction of mega projects. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1403-1410. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.02.006>.
16. Zhang, Z., Qi, Q., Cheng, Y., Cui, D., & Yang, J. (2024). An Integrated Model for Risk Assessment of Urban Road Collapse Based on China Accident Data. *Sustainability*, 16(5), 2055. <https://doi.org/10.3390/su16052055>.
17. Cong, G., Lu, D., Liu, M., Wang, Q., & Yu, W. (2021). A New Semi-Quantitative Process Safety Assessment Method and Its Application for Fluorochemical Industry. *Processes*, 9(10), 1695. <https://doi.org/10.3390/pr9101695>.
18. Zimon, G., Tarighi, H., Salehi, M., & Sadowski, A. (2022). Assessment of Financial Security of SMEs Operating in the Renewable Energy Industry during COVID-19 Pandemic. *Energies*, 15(24), 9627. <https://doi.org/10.3390/en15249627>.
19. Ale, B.J.M, Hartford, D.N.D., & Slater, D.H. (2021). Prevention, precaution and resilience: Are they worth the cost? *Safety Science*, 140, 105271. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105271>.
20. Pauer, G., Török, Á. (2022). Introducing a novel safety assessment method through the example of a reduced complexity binary integer autonomous transport model. *Reliability Engineering & System Safety*, 217, 108062. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108062>.
21. Bazaluk O., Koriashkina, L., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Odnovol, M., Lozynskyi, V., & Nesterova, O. (2022). Methodology for assessing the risk of incidents during passenger road transportation using the functional resonance analysis method. *Heliyon*, 8(11), e11814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11814>.
22. Pnevmatikakis, A., Kanavos, S., Perikleous, A., & Kyriazakos, S. (2022). Risk Assessment for Personalized Health Insurance Products. In: Soldatos, J., Kyriazis, D. (eds) *Big Data and Artificial Intelligence in Digital Finance*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94590-9_16.
23. Bazaluk, O., Tsopa, V., Okrasa, M., Pavlychenko, A., Cheberiachko, S., Yavorska, O., Deryugin, O., & Lozynskyi, V. (2024). Improvement of the occupational risk management process in the work safety system of the enterprise. *Frontiers in Public Health*, 11, 1330430. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1330430>.

24. Agarwal, R., & Ansell, J. (2016). Strategic Change in Enterprise Risk Management†. *Strategic Change*, 25, 427-439. <https://doi.org/10.1002/jsc.2072>.
25. Gładysz, B., & Kuchta, D. (2022). Sustainable Metrics in Project Financial Risk Management. *Sustainability*, 14(21), 14247. <https://doi.org/10.3390/su142114247>.
26. Drobyazko, S., Barwinska-Malajowicz, A., Slusarczyk, B., Chubukova, O., & Bielialov, T. (2020). Risk Management in the System of Financial Stability of the Service Enterprise. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(12), 300. <https://doi.org/10.3390/jrfm13120300>.
27. Maraboutis, P., Poulimenou, N.-I., & Nikolaou, E. (2023). Experience in the Implementation of Risk Management in Occupational Safety and Health and Environmental Issues in Extractive Companies. *Materials Proceedings*, 15(1), 49. <https://doi.org/10.3390/materproc2023015049>.
28. Carter, M., Price, C.C., & Rabadi, G. (2017). Operations Research. A Practical Introduction. 2nd Edition. *Chapman and Hall/CRC*, New York, USA. 470 p. <https://doi.org/10.1201/9781315153223>.
29. Kaur, H., Singh, S.P. & Glardon, R. (2016). An Integer Linear Program for Integrated Supplier Selection: A Sustainable Flexible Framework. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 17, 113-134. <https://doi.org/10.1007/s40171-015-0105-1>.
30. Korte, B., & Vygen, J. (2012). NP-Completeness. In: Combinatorial Optimization. Algorithms and Combinatorics, vol 21. *Springer*, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-24488-9_15.
31. Mazher, K.M., Chan, A.P.C., Choudhry, R.M., Zahoor, H., Edwards, D.J., Ghaithan, A.M., Mohammed, A., & Aziz, M. (2022). Identifying Measures of Effective Risk Management for Public–Private Partnership Infrastructure Projects in Developing Countries. *Sustainability*, 14(21), 14149. <https://doi.org/10.3390/su142114149>.
32. Bazaluk, O., Tsopa, V., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Radchuk, D., Borovytskyi, O., & Lozynskyi, V. (2023). Ergonomic risk management process for safety and health at work. *Frontiers in Public Health*, 11, 1253141. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1253141>.
33. Kuizinaitė, J., Morkūnas, M., & Volkov, A. (2023). Assessment of the Most Appropriate Measures for Mitigation of Risks in the Agri-Food Supply Chain. *Sustainability*, 15(12), 9378. <https://doi.org/10.3390/su15129378>.

34. Bochkovskyi, A.P. (2024). Stochastic models of work and rest schedules. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 114-121. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-1/114>.
35. Gritzka, S., Angerer, P., Pietrowsky, R., & Diebig, M. (2022). The Impact of the Implementation of Preventive Measures Due to COVID-19 on Work Design and Early Childhood Professionals' Well-Being-A Qualitative Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1739. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031739>.
36. Cirrincione, L., Plescia, F., Ledda, C., Rapisarda, V., Martorana, D., Moldovan, R.E., Theodoridou, K., & Cannizzaro, E. (2020). COVID-19 Pandemic: Prevention and Protection Measures to Be Adopted at the Workplace. *Sustainability*, 12(9), 3603. <https://doi.org/10.3390/su12093603>.
37. Hudáková, M., Kardoš, P., Dvorský, J., Afful, C.R., & Kloudova, J. (2023). Management of Operational Risk in the Context of Financial Performance of SMEs. *Systems*, 11, 408. <https://doi.org/10.3390/systems11080408>.
38. Wu, Y., Chen, Q., Zhang, Q., Wu, Y., & Zheng, X. (2023). A 5-Year Follow-Up Study to Explore Factors Associated with Rapid Kidney Function Decline Among Bus Drivers. *International Journal of General Medicine*, 16, 3193-3201. <http://dx.doi.org/10.2147/IJGM.S419098>.
39. Tsopa, V.A., Cheberiachko, S.I., Yavorska, O.O., Deryugin, O.V., & Borovytskyi, O.M. (2023). Improving a process of managing dynamic occupational risks. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 110-117. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/110>.
40. Demirkesen, S., & Ozorhon, B. (2017). Measuring Project Management Performance: Case of Construction Industry. *Engineering Management Journal*, 29, 258-277. <https://doi.org/10.1080/10429247.2017.1380579>.
41. Afzal, F., Yunfei, S., Nazir, M., & Bhatti, S.M. (2021). A review of artificial intelligence based risk assessment methods for capturing complexity-risk interdependencies: Cost overrun in construction projects. *International Journal of anaging Projects in Business*, 14, 300-328. <https://doi.org/10.1108/ijmpb-02-2019-0047>.

42. Renigier-Biłozor, M., Żróbek, S., Walacik, M., Borst, R., Grover, R., & d'Amato, M. (2022). International acceptance of automated modern tools use must-have for sustainable real estate market development. *Land Use Policy*, 113, 105876. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105876>.
43. Floyd, M.K., Barker, K., Rocco, C.M., & Whitman, M.G. (2017) A Multi-Criteria Decision Analysis Technique for Stochastic Task Criticality in Project Management. *Engineering Management Journal*, 29(3), 165-178, <https://doi.org/10.1080/10429247.2017.1340038>.
44. Dziuba, S., Bulat, A., Koriashkina, L., & Blyuss, B. (2024). Discrete-Continuous Model of the Optimal Location Problem for the Emergency Logistics System. *Social Science Research Network, SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4401341>.
45. Custodio, J.M., Billones, R.K., Concepcion, R., & Vicerra, R.R. (2024). Optimization of Crop Harvesting Schedules and Land Allocation Through Linear Programming. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 8, 123-134. <https://doi.org/10.1007/s41660-023-00357-4>.
46. Matsypura, D., Thompson, R., & Vasnev, A.L. (2018). Optimal selection of expert forecasts with integer programming, *Omega*, 78, 165-175. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.06.010>.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота, що є завершеною науковою роботою, в якій подано вирішення актуальної науково-прикладної задачі з удосконалення технологій забезпечення екологічної безпеки промислових регіонів за рахунок розроблення теоретичних та методичних положень та прикладних моделей керування екологічними ризиками виникнення небезпечних подій з негативними наслідками для довкілля і населення, враховуючи євроінтеграційний вектор розвитку України.

Зокрема були отримані наступні висновки

1. Запропоновано поєднання складових сталої екологічної безпеки і системи управління екологічною безпекою промислового регіону для зменшення впливу антропогенної діяльності людини через встановлення екологічних вимог (нормативна екологічна безпека), моніторинг і вимірювання реальних показників впливу (наглядова екологічна безпека), пошуку захисних природоохоронних технологій з корегування показників (коригувальна екологічна безпека) та прийняття відповідних рішень щодо застосування захисних і запобіжних технологій захисту довкілля (запобіжна екологічна безпека).

2. Запропонована чотирифакторна модель для кількісної оцінки екологічного ризику, яка дозволяє визначити останній як добуток ймовірності настання екологічної небезпечної події, тривалості, інтенсивності викиду шкідливої речовини та ступеня її небезпечності.

3. Удосконалений алгоритм з керування екологічними ризиками з одинадцятьма кроками, що відрізняється від відомих наявністю додаткових етапів (процедур) з визначення впливу комбінацій різних небезпечних екологічних чинників не тільки на ймовірність настання небезпечної події, а й на збільшення інтенсивності та тривалості дії екологічної небезпеки на навколишнє середовище, з урахуванням статистичних даних та сценарного планування розвитку можливих негативних подій.

3. Розроблено диференційовані оціночні шкали для визначення ймовірності настання екологічної небезпечної події та інтенсивності впливу небезпечних речовин, яка залежить від тривалості емісії, а також певних наслідків для довкілля, залежних від класу токсичності речовин та рівня перевищення їхніх гранично-допустимих концентрацій.

4. Розроблено ієрархію запобіжних і захисних природоохоронних технологій усунення екологічних небезпек та ризиків для довкілля на основі матриці Хеддона, що відображає взаємозв'язок між технологічними підходами на різних фазах розвитку екологічної небезпечної події та дозволяє визначати витрати на локалізацію і ліквідацію екологічно небезпечної події та мінімізації екологічної шкоди від забруднення атмосфери, поверхневих вод, ґрунтів, заподіяної земельним, водним ресурсам, корисній або заповідній флорі та фауні, лісовому фонду або рослинності, а також життю і здоров'ю людей.

5. Визначено взаємозв'язок між ймовірністю настання небезпечної екологічної події та тяжкістю наслідків між групами екологічних, соціальних та економічних ризиків на основі застосування діаграми Ейлера-Венна, що дозволило побудувати модель взаємодії між небезпеками і можливостями в екологічній, соціальних та економічній сферах – складових інтегрованих систем управління екологічною безпекою організацій промислових регіонів.

6. Розроблено математичну модель цілочисельного лінійного програмування для визначення раціональної кількості запобіжних технологій захисту довкілля для зменшення екологічного ризику із сукупності альтернативних, на основі пошуку цільових функцій та обмежувальних умов, які впливають з чотирифакторної моделі ризику.

7. Розроблено модель керування екологічними ризиками з комплексними екологічними, соціальними і економічними наслідками, що визначаються за допомогою діаграми Ейлера-Венна, для оцінювання кумулятивного негативного ефекту взаємодії різних небезпечних екологічних чинників, що окреслюють зону неприйнятного екологічного ризику.

8. Показано, що ефективність витрат на комплекс захисних та запобіжних природоохоронних заходів можна збільшити до 21%, завдяки інтеграції найбільш результативних запобіжних та захисних технологій на основі розробленої математичної моделі цілочисельного лінійного програмування, що забезпечує досягнення допустимого рівня екологічного ризику не лише для кожного окремого небезпечного чинника, але й у сукупності для всіх врахованих екологічних небезпек.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ПОГОДЖЕНО:
Директор ТОВ «СТАНДАРТ
КАПІТАЛ ІНВЕСТ»



Олександра БУРЦЕВА

Вересня 2025

УХВАЛЕНО:
Перший проректор
НТУ «Дніпровська політехніка»



А.В. Павличенко

Вересня 2025

ПОЛОЖЕННЯ ПРО «КЕРУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В
СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ В
ВИПРОБУВАЛЬНИЙ ЛАБОРАТОРІЇ»

Розробники:

Завідувач кафедри охорони праці
та цивільної безпеки
д.т.н., проф. В.І. Голінько

Аспірант кафедри
екології та технологій захисту
навколишнього середовища
Л.М. Чеберячко

Завідувач випробувальної лабораторії
засобів індивідуального захисту
ТОВ «СТАНДАРТ КАПІТАЛ ІНВЕСТ»
Д.І. Радчук

Дніпро
НТУ «ДП»
2025

МЕТОДОЛОГІЯ КЕРУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ

Система управління екологічною безпекою (навколишнім середовищем) промислового підприємства представляє собою частину загальної системи менеджменту, яка включає екологічну політику, екологічну оцінку, дослідження екологічних аспектів, планування діяльності, відповідальність, методи, процеси і ресурси для забезпечення мінімізації будь-яких втрат. Процедура оцінки екологічного ризику також включає попереднє виявлення різноманітних небезпечних чинників, які можуть збільшити ймовірність настання небезпечної події, що потребує їх аналізу, ранжування для виробки управлінських рішень щодо зменшення їх негативного впливу. Звідси реалізація екологічних ризиків, що виникають внаслідок дії окремих небезпечних факторів (або їх системи), спричинених діяльністю людини, призводить до виникнення надзвичайних ситуацій, тобто до стану, коли стійкі взаємозв'язки в екосистемах порушені, що спричинює, як правило, негативний вплив на окремі компоненти, зокрема, порушує нормальні умови життя. Згідно стандарту ІЕС 31010:2019 метод "Bowtie" для визначення величини ризику необхідно встановити причинно-наслідковий зв'язок: «небезпекою – небезпечною подією - наслідками» при цьому слід оцінити ймовірність настання небезпечної події та її ступень тяжкості, що не можливе без ідентифікації характерних небезпечних чинників зовнішнього і внутрішнього середовища організації, які пов'язані з конкретним видом діяльності й застосування різних екологічних аспектів. Тому пропонується удосконалити модель "Bowtie" в якій, замість розташування «бар'єрів» (запобіжних чи захисних заходів та засобів, що зменшують настання небезпечної події та важкості наслідків, навести інформацію про існуючі небезпечні чинники (рис. 1, 2), які впливають на настання небезпечної події та тяжкість наслідків, а також врахування запобіжних та захисних дій для уникнення розвитку найгірших сценаріїв, що в цілому величина ризику дозволить спрогнозувати вплив на людський потенціал територій.



Рис. 1. Модель керування екологічним ризиком-на підприємстві



Рис. 2. Групи небезпечних екологічних чинників

Рівень екологічного ризику від i – небезпечного екологічного чинника визначаємо як добуток ймовірності (Y) настання екологічної небезпечної події (ЕНП) між інтенсивністю (I_n) і тривалістю викиду шкідливої речовини (Tr) та ступенем небезпечності шкідливої речовини (St):

$$P_i = Y_i \times Tr_i \times I_{n_i} \times St \quad (1)$$

Алгоритм керування екологічними ризиками за представленою моделлю передбачає послідовне виконання декількох кроків (рис. 3).

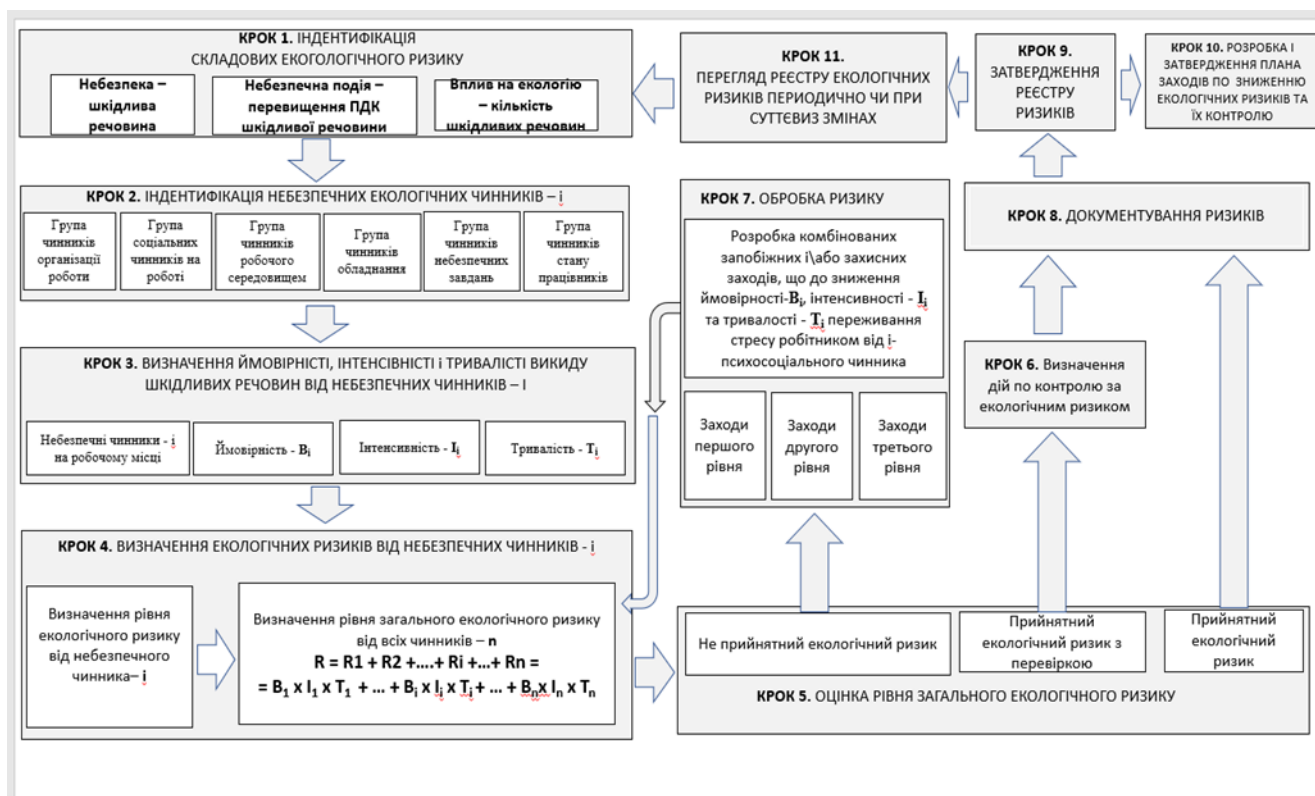


Рис. 3. Процес керування екологічними ризиками

Послідовність виконання.

1. Ідентифікація потенційних джерел екологічних небезпек і небезпечних чинників.
2. Виявлення додаткових небезпечних чинників, які збільшують ймовірність настання ЕНП, а також можливостей (пом'якшувальних чинників), які сприяють зменшенню виникнення небезпечної події а також тяжкості наслідків від її настання.
3. Виявлення причинно-наслідкових зв'язків між екологічною небезпекою і небезпечними чинниками, виходячи з оцінки ймовірності настання ЕНП (табл. 1); інтенсивності забруднення (табл. 2), тривалості викиду шкідливих речовин (табл. 3) та ступені небезпечності (табл. 4);
4. Визначення екологічних ризиків під впливом можливостей, щодо виникнення екологічних небезпечної події за допомогою різних математичних методів.

5. Оцінка рівня загального екологічного ризику (табл. 5).

6. Виявлення результативності існуючих захисних і запобіжних заходів, щодо зменшення тяжкості наслідків на другій фазі та фазі відновлення з розробкою нових пропозицій щодо підвищення їх результативності (табл. 6).

7. Обробка ризику настання небезпечної події з урахуванням виявлених відновлювальних заходів (рис. 4).

8. Документування ризиків, заповнення відповідних форм.

9. Розробка і затвердження реєстру екологічних ризиків.

10. Розробка плану заходів щодо моніторингу та зменшенню екологічних наслідків впливу шкідливих чинників на довкілля і людину (табл.7).

11. Перегляд проведених розрахунків, обґрунтувань та висновків.

Для розробки шкал, які наведені в табл. 1-5 були використані рекомендації, що наведені в ISO 73:2018, де говориться, що ймовірність – це міра можливості виникнення екологічної небезпечної події. При цьому рекомендується взяти шість інтервалів менш чим 1 раз на 300 років, але більш, чим 1 раз на 200 років, більш чим 1 раз на 200 років, але менш, чим 1 раз на 100 років, більш чим 1 раз на 100 років, але менш, чим 1 раз на 50 років, більш чим 1 раз на 50 років, але менш, чим 1 раз на 1 рік, більш чим 1 раз на 1 рік, але менш, чим 1 раз на 1 місяць та більш чим 1 раз на 1 місяць, але менш, чим 1 раз на тиждень. Вказаний інтервал визначався на основі досліджень наведених в роботі в якому для визначення шкали ймовірності екологічної небезпечної події було проаналізовано значну кількість історичних даних.

Для визначення шкали інтенсивності викиду шкідливих речовин (табл. 2) брали до уваги наслідки забруднень екосистеми. Зокрема, до уваги була прийнята регресійна модель з прогнозування рівнів забруднення повітря. Для визначення наслідків для екосистеми брали до уваги характеристики шести основних забруднювачів: оксид вуглецю (CO), свинець (Pb), оксиди азоту (NO_x), фотохімічні окиснювачі (головним чином приземний озон), забруднення твердими частинками та оксиди сірки (SO_x), що визначено Агентством з охорони

навколишнього середовища США (ЕРА). Забруднення повітря та зміни в екосистемах поєднуються через складні кореляції.

Таблиця 1. Рівні ймовірності (Й) ЕНП

№№	Рівень ймовірності ЕНП	Характеристика (опис)	Частота ЕНП	Бали
1	Неможливий	Ймовірність дорівнює нулю	Відсутня	1
2	Практично неможливий	Надзвичайно мало ймовірно, що подія відбудеться протягом більш строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Менш чим 1 раз на 300 років, але більш, чим 1 раз на 200 років	2
3	Мало ймовірний	Мало ймовірно, але може 1 раз відбутися протягом строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більш чим 1 раз на 200 років, але менш, чим 1 раз на 100 років	3
4	Рідкий	Мало ймовірно, але може від 1 до 10 разів відбутися протягом строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більш чим 1 раз на 100 років, але менш, чим 1 раз на 50 років	4
5	Помірний	Відбувається принаймні від 10 до 20 разів протягом строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більш чим 1 раз на 50 років, але менш, чим 1 раз на 1 рік	5
6	Ймовірний	Відбувається кілька від 20 до 30 разів протягом строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більш чим 1 раз на 1 рік, але менш, чим 1 раз на 1 місяць	6
7	Високо ймовірний	НП відбувається часто більш 30 разів протягом розгляданого строку життєвого циклу джерела екологічної небезпеки	Більш чим 1 раз на 1 місяць, але менш, чим 1 раз на тиждень	7

Таблиця 2. Рівні інтенсивності викиду шкідливих речовин (Ін)

№	Рівень інтенсивності викидів шкідливої речовини	Характеристика наслідків для екосистеми	Перевищення ПДК (норматив)	Бали
1	Незначний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, не перевищені. Зона незначного потенціалу забруднення.	не більш 10 %	1
2	Низький	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені в незначних рівнях. Зона низького потенціалу забруднення	не менш 10 %, але не більш 20%	2
3	Помірний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені помірною. Зона помірного потенціалу забруднення	не менш 20 %, але не більш 90%	3
4	Небезпечний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, небезпечно перевищені. Зона високого потенціалу забруднення	не менш 90 %, але не більш 110%?	4
5	Значно небезпечний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, значно перевищені. Зона дуже високого потенціалу забруднення.	не менш 110 %, але не більш 150%	5
6	Катастрофічний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, катастрофічно перевищені. Зона катастрофічного потенціалу забруднення.	більш 150%	6

Таблиця 3. Рівні тривалості викиду шкідливих речовин (Т_р)

№№	Рівень тривалості викидів	Тривалість викидів	Бали
1	Незначний	не більш 0,5 години	1
2	Низький	більш 0,5 години, але менш 1 години	2
3	Помірний	більш 1 години, але менш 5	3
4	Значний	більш 5 години, але менш доби	4
5	Високий	більш 1 доби, але менш 1 тижня	5
6	Катастрофічний	більш 1 тижня	6

Таблиця 4. Ступень небезпечності шкідливих речовин (С_т)

№	Рівень небезпечності шкідливих речовин	Критерій небезпечності шкідливої речовини	Бали
1	Малонебезпечні	ГДК більше 10,0 мг/м ³	1
2	Помірнебезпечні	ГДК 1,1...10,0 мг/м ³	2
3	Високонебезпечні	ГДК 0,1...1,0 мг/м ³	3
4	Надзвичайно небезпечні	ГДК менше 0,1 мг/м ³	4

Таблиця 5. Рівні екологічного ризику (Р)

Група ЕР	Критерії оцінки рівня ЕР	Оцінка рівня ЕР	Наслідки ЕР	Запобіжні і захисні дії ЕР
I	500 - 756	Неприйнятний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені більш ніж на 100 % та протягом тривалого часу. Відновлення/очищення НПС неможливе або виконується протягом більше 1 місяця; значне порушення трофічних ланцюгів, втрата флори, фауни.	Припинити роботи. Знизити ризик
II	250 - 500	Прийнятний з перевіркою	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені на 10- 100 % та протягом тривалого часу (від кількох днів до кількох тижнів). Відновлення/очищення НПС виконується протягом від 1 до 4 тижнів; помірний вплив на трофічні ланцюги, флори, фауни	Встановити додатковий контроль за викидами шкідливих речовин Дії запобіжні і захисні не потрібні
III	1- 250	Прийнятний	Екологічні нормативи, встановлені стосовно даного об'єкта, перевищені одноразово, протягом короткого часу, на 10-20%. Відновлення/очищення НПС виконується негайно та на протязі від кількох годин до 1 доби; вплив на трофічні ланцюги, флору та/чи фауну не спостерігається або одноразовий.	Додаткові запобіжні і захисні дії не потрібні

Таблиця 6. Документування ризиків, заповнення відповідних форм професійних ризиків (Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків)

№ небезпеки	Ідентифікація			Ідентифікація небезпечних чинників	Аналіз – визначення рівня негативного ризику по кожному небезпечному чиннику та загального негативного ризику небезпеки						
	Екологічна небезпека	Екологічна небезпечна подія	Негативні наслідки	Вплив на ймовірності настання екологічної небезпечної події та/або на тяжкість наслідків екологічної небезпечної події від небезпечного чинника	Ймовірність настання екологічної небезпечної події від небезпечного чинника - i	Інтенсивність викиду шкідливих речовин від впливу небезпечного чинника - i	Тривалості викиду шкідливих речовин від впливу небезпечного чинника - i	Ступень небезпечності шкідливих речовин	Рівень н екологічного ризику від небезпечного чиннику - i	Оцінка негативного ризику небезпеки - j по кожному небезпечному чиннику - i	
1	Тип небезпеки- j	Опис небезпечної події	Вид наслідків	Небезпечний чинник 1	B_{j1}	I_{nj1}	Tr_{j1}	Ст	R_{j1}	Прийнятний/ прийнятний з перевіркою або неприйнятний	
				Небезпечний чинник 2	B_{j2}	I_{nj2}	Tr_{j2}		$R_{п2}$		
				Небезпечний чинник 3	B_{j3}	I_{nj3}	Tr_{j3}		R_{j3}		
				Небезпечний чинник 4	B_{j4}	I_{nj4}	Tr_{j4}		R_{j4}		
				Небезпечний чинник 5	B_{j5}	I_{nj5}	Tr_{j5}		R_{j5}		
				Небезпечний чинник 6	B_{j6}	I_{nj6}	Tr_{j6}		R_{j6}		
				Небезпечний чинник 7	B_{j7}	I_{nj7}	Tr_{j7}		R_{j7}		
				Небезпечний чинник 8	B_{j8}	I_{nj8}	Tr_{j8}		R_{j8}		
				Небезпечний чинник 9	B_{j9}	I_{nj9}	Tr_{j9}		R_{j9}		
				Небезпечний чинник 10	B_{j10}	I_{nj10}	Tr_{j10}		R_{j10}		
					...	...	...		...		
				Небезпечний чинник i	B_{ji}	I_{nji}	Tr_{ji}		R_{ji}		
				...	...	...	...		...		
				Небезпечний чинник n	B_{jn}	I_{ijn}	Tr_{jn}		R_{jn}		
				Загальний первинний негативний ПР - R_j небезпеки j від всіх n чинників	$B_{j1} I_{nj1} Tr_{j1} \cdot C_T + \dots + B_{ji} I_{nji} T_{ji} \cdot C_T + \dots + B_{jn} I_{ijn} T_{jn} \cdot C_T$						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Погоджено
Генеральний директор
ТОВ «Експерт Петролеум Україна»



Мішель Лубутан
« » 2025

Ухвалено
Перший проректор
НТУ «Дніпровська політехніка»



А.В. Павличенко
« » 2025

**ПОЛОЖЕННЯ ПРО «КЕРУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В
СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ НА
НАФТОГАЗОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ»**

Розробники:
Завідувач кафедри охорони
праці та цивільної безпеки,
Професор В.І. Голінько

Аспірант кафедри
охорони праці та
цивільної безпеки
А.А. Алексєєв

Аспірант кафедри
екології та технологій захисту
навколишнього середовища
Л.М. Чеберячко

Дніпро
НТУ ДП
2025

Порядок ідентифікації небезпек та оцінювання ризиків і можливостей

Начальник ВОП з періодичністю 1 раз на рік не пізніше 20 січня кожного року визначає та затверджує у головного інженера з охорони праці та навколишнього середовища:

- зовнішні та внутрішні чинники системи екологічного менеджменту (СЕМ) та робить їх аналіз (**Аналіз робочого середовища організації**);
- зацікавлені сторони, та робить аналіз їх потреб та очікувань.

Начальник СЕМ розробляє **Класифікатор небезпек та небезпечних подій (інцидентів)**, який переглядає не рідше одного разу на 3 роки не пізніше 20 січня та затверджує у головного інженера з охорони праці та навколишнього середовища.

Ідентифікація небезпек та оцінка ризиків проводиться в кожному структурному підрозділі згідно **Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків**.

Оцінка ризиків в СЕМ проводиться:

- при первинному впровадженні керування ризиками в СЕМ;
- планово періодично (не рідше 1-го разу на рік) робочими групами підрозділів (в терміни згідно розпорядження або наказу, які мають бути узгодженими з термінами формування системи бюджетів підприємства);
- позапланово після інцидентів, нещасних випадків, профзахворювань працівників та аварій протягом одного місяця (перегляд існуючої карти ризиків чи оформлення нової карти ризиків у випадку появи не ідентифікованої раніше небезпеки або не вірно оціненого рівня ризику);
- при змінах на робочому місці (наприклад: виробничих процесів, матеріалів, реконструкції чи модернізація обладнання та інше), які впливають на СЕМ;
- при ухваленні рішення про коригування виробничих процесів.

Оцінка ризиків в СЕМ містить у собі наступні завдання:

- ідентифікація небезпек, оцінка поточного рівня ризиків цих небезпек;
- визначення необхідних заходів щодо усунення чи зниження поточного рівня небезпек згідно ієрархії запобіжних заходів:
 - 1) усунення небезпеки - заходи зі зміни робочого процесу таким чином, щоб повністю усунути небезпечний фактор (найбільш ефективний засіб);
 - 2) заміна небезпечних процесів, операцій, матеріалів або устаткування на менш небезпечні;
 - 3) застосування технічних засобів (ізолювання, огороження небезпек);
 - 4) застосування адміністративних засобів – процедури, правила, нагляд, навчання, тренування, інструктаж, розміщення знаків безпеки, тощо для контролю небезпечного фактору тощо;
- оцінка залишкових рівнів ризиків та висновки щодо їх прийнятності.

Об'єктом оцінки ризиків є небезпеки, пов'язані з виробничими процесами, обладнанням, персоналом, умовами праці, роботою підрядних організацій та інше.

Об'єктом оцінки ризиків є небезпеки, пов'язані з виробничими процесами, обладнанням, персоналом, умовами праці, роботою підрядних організацій та інше.

Розробка та перегляд **Карт ідентифікації небезпек та оцінки ризиків** проводиться робочими групами з оцінки ризиків відповідних підрозділів, які формуються згідно наказу по комбінату.

Джерелами необхідної інформації для проведення оцінки ризиків є:

- існуючий опис процесу та технічна документація з експлуатації обладнання;

- **Аналіз робочого середовища організації;**

- **Аналіз потреб та очікувань працівників та інших зацікавлених сторін**, в тому числі аналіз чинних законодавчих та нормативно-правових вимог з СЕМ, що відносяться до даного процесу;

- інформація про відхилення, невідповідності та порушення, виявлені раніше;

- результати внутрішніх аудитів;

- результати зовнішніх аудитів;

- **Класифікатор небезпек та небезпечних подій (інцидентів);**

- інші дані та інформація про відхилення у процесах.

Для оформлення **Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків** керівником структурного підрозділу призначається виконавець («Призначений виконавець») із числа працівників, що входять в робочі групи з оцінки ризиків відповідних підрозділів.

Результати ідентифікації небезпек та ризиків Призначений виконавець заносить у **Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків**, після чого проводить оцінку поточного рівня ризику та робить висновки до прийнятності ризику згідно таблиці 5.

У випадках, коли ризик оцінено як «Категорично не прийнятний» (КН) чи «Неприйнятний» (Н), Призначений виконавець подає інформацію керівнику структурного підрозділу.

Керівник структурного підрозділу отримавши інформацію про те, що ризик оцінено як «Категорично не прийнятний» (КН), своїм рішенням (розпорядженням) забороняє (зупиняє) виконання таких робіт чи експлуатацію обладнання та інформує про це начальника ВОП. Керівник структурного підрозділу розробляє **Заходи до зниження ризику**, погоджує їх з начальником виробництва, головними спеціалістами за напрямком діяльності (головний інженер, головний механік, головний метролог, головний енергетик, головний технолог тощо).

Погоджені **Заходи до зниження ризику** Призначений виконавець заносить у **Карту ідентифікації небезпек та оцінки ризиків**, проводить оцінку

Залишкового рівня ризику та робить **Висновки щодо прийнятності залишкового ризику** і подає **Карту ідентифікації небезпек та оцінки ризиків** на погодження і затвердження.

У разі, коли залишковий ризик визначено як «Категорично не прийнятний» (КН) чи «Неприйнятний» (Н), Призначений виконавець подає інформацію керівнику структурного підрозділу.

Керівник структурного підрозділу розробляє додаткові **Заходи до зниження ризику**, або інші заходи, які дадуть можливість досягнути рівень ризику «Прийнятний з перевіркою» (ПП) або «Прийнятний» (П) та погоджує їх з начальником виробництва, головними спеціалістами за напрямком діяльності (головний інженер, головний механік, головний метролог, головний енергетик, головний технолог тощо).

У випадках, коли ризик оцінено як «Прийнятний з перевіркою» (ПП), Призначений виконавець подає інформацію керівнику структурного підрозділу, який на підставі цього видає розпорядження про призначення відповідального за здійснення перевірок та встановлює порядок і періодичність перевірок. **Заходи до зниження ризику** у цьому випадку не розробляються та не заносяться до **Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків**.

У випадках, коли ризик оцінено як «Прийнятний» (П), Призначений виконавець інформує про це керівника структурного підрозділу, **Заходи до зниження ризику** не розробляються та не заносяться до **Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків**.

У разі виявлення потреби та можливості зниження рівня ризику, що визначений як «Прийнятний з перевіркою» (ПП), керівник підрозділу розробляє **Заходи до зниження ризику** і Призначений виконавець заносить їх у **Карту ідентифікації небезпек та оцінки ризиків**, проводить оцінку **Залишкового рівня ризику** та робить **Висновки щодо прийнятності залишкового ризику** і подає **Карту ідентифікації небезпек та оцінки ризиків** на погодження і затвердження.

Для визначення рівня ризику з урахуванням ймовірності події (частоти інциденту) та ступеню тяжкості наслідків застосовується таблиця 4.

Прийняття рішень щодо впровадження заходів з усунення небезпек чи зниження ризиків здійснюють начальники виробництв, головні спеціалісти за напрямком діяльності (головний інженер, головний механік, головний метролог, головний енергетик, головний технолог тощо), які погоджують **Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків**.

Погоджені **Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків** керівник підрозділу подає на затвердження головному інженеру з охорони праці та навколишнього середовища або генеральному директору у терміни згідно наказу/розпорядження.

Карта ідентифікації небезпек та оцінки ризиків
КАРТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕБЕЗПЕК ТА ОЦІНКИ РИЗИКІВ № ____

Дата:		Схема/фото місця (процесу, обладнання та інше)						Підпис					
Підрозділ: (дільниця, цех, виробництво)							ЗАТВЕРДЖЕНО: (посада, прізвище, ініціали)						
Місце виявленої небезпеки:							ПОГОДЖЕНО: (посада, прізвище, ініціали)						
Кому загрожує виявлена небезпека:							Керівник підрозділу: (посада, прізвище, ініціали)						
							Розробив: (посада, прізвище, ініціали)						
№	Ідентифікація (опис) небезпеки			Оцінка поточного рівня ризику			Висновок до прийнятності ризику	Заходи до зниження ризику	Оцінка залишкового рівня ризику			Висновок щодо прийнятності залишкового ризику	
	Небезпека	Небезпечна подія (інцидент)	Наслідки небезпечної події (інциденту)						T	Ім	P		
				1	2	3			4	5	6		7

Примітка:

Керівник підрозділу – може підписувати начальник дільниці, відділу, лабораторії, цеху, виробництва

Погоджено – може підписувати начальник виробництва, головні спеціалісти (головний інженер, головний механік, головний метролог, головний енергетик, головний технолог)

Затверджено – заступник директора з охорони праці та навколишнього середовища або генеральний директор

Періодичний аналіз актуальності ризиків

Керівники структурних підрозділів проводять аналіз актуальності ідентифікованих ризиків з урахуванням реалізованих за останній рік змін і зареєстрованих невідповідностей. За результатом аналізу, подають начальнику СЕМ (не пізніше 10 липня або у терміни згідно наказу чи розпорядженню):

- службову записку із вказівкою № **Карт ідентифікації небезпек та оцінки ризиків**, які актуальні та/або підлягають вилученню, у зв'язку з усуненням небезпек;
- формують нову редакцію **Карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків** - при зміні у складі ризиків або при зміні в оцінках ризиків.

Отримані дані аналізу начальник ВОП враховує при підготовці інформації про ступінь актуальності ризиків для проведення аналізу ІСУ з боку керівництва.

XP

Куди:
За місцем вимоги
Кому:
Керівнику

Від:
ТОВ «Експерт Петролеум
Україна»

Вих. №10102025-01-ОП від 10.10.2025р.

ТОВ «Експерт Петролеум Україна» висловлює глибоку зацікавленість у практичних результатах дисертаційної роботи аспіранта кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Лідії Миколаївни Чеберячко. Тема роботи «Удосконалення системи управління екологічною безпекою промислових підприємств» та викладені у супровідній методичці тези щодо розробки процесу керування екологічними ризиками мають велике значення для нашої компанії.

Зокрема, запропонована в роботі удосконалена модель "BOWTIE", що враховує вплив внутрішніх і зовнішніх небезпечних чинників на ймовірність виникнення екологічної небезпечної події, є надзвичайно актуальною. Ми бачимо практичну цінність в описаному алгоритмі керування екологічними ризиками, зокрема в ідентифікації джерел небезпек, оцінці рівнів ризику та розробці заходів для їх зниження.

ТОВ «Експерт Петролеум Україна» підтверджує, що ідеї та методики, представлені у цій роботі, представляють значний інтерес і будуть розглянуті для впровадження в нашу систему екологічного менеджменту. Ми впевнені, що це сприятиме підвищенню ефективності управління екологічною безпекою на нашому підприємстві.

З повагою,
Начальник відділу охорони праці
ТОВ «Експерт Петролеум Україна»



Список наукових праць

Чеберячко Лідії Миколаївни

1. The process of dangerous event management taking into account economic, environmental and occupational losses. / Tsopa, V.A., Yavorska, O.O., Borysovska, O.O., Cheberyachko, L.M., & Nehrii, T.O. // *Environmental Safety and Natural Resources*, 2024. - 51(3), 72–87. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.3.72-87>

Авторкою визначено взаємозв'язок між ймовірністю настання небезпечної події та тяжкістю між різними видами наслідків: екологічних, економічних та соціальних (професійних) небезпек через аналіз діаграм Ейлера-Венна.

2. Вдосконалення процесу керування ризиками згідно ISO 31000:2018 та з урахуванням принципів Індустрії 5.0 /В.А. Цопа, С.І. Чеберячко, І.М. Луценко, О.В. Дерюгін, О.О. Шустов, Л.Д. Чеберячко//*Coll.res.pap.nat.min.univ.* 2024, 78:197–210. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/78.197>

Авторкою встановлені відповідності існуючих принципів з керування ризиками за стандартом ISO 31000:2018 та принципів розбудови Індустрії 5.0, що дозволило вдосконалити етап оцінювання ризику, за рахунок визначення впливу різних небезпечних чинників на основні складові здоров'я людини.

3. Обґрунтування ключових чинників щодо застосування перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень. // Дерюгін О., Столбченко О., Лябах Д., & Чеберячко Л. /*Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, 2024, (48), 120–134. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.48.2024.310696>.

Авторкою виявленні взаємозв'язки між групами різних небезпечних чинників, які впливають на окупність проекту із застосування електричного пасажирського транспорту з нульовими викидами, що дозволяє в подальшому оцінити екологічні можливості організацій.

4. Визначення тяжкості наслідків вибуху пального на автозаправній станції / Цопа В.А., Дерюгін О.В., Забеліна В.А., Чеберячко Л.М. Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. 2025. Вип. 50. С. 200-209. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.50.2025.336385>

Авторкою визначені взаємозв'язки між екологічним аспектом – джерела небезпеки (джерела можливості) і небезпечної екологічної події (несприятливої екологічної події).

5. Causal relationship between environmental aspect and environmental risk John Winston Ono Lennon, Artem Pavlychenko, Vitaliy Tsopa, Oleg Deryugin, Andrii Khorolskyi and Lidia Cheberiyachko E3S Web Conf., 567 (2024) 01013 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456701013>

Авторкою визначено принцип побудови процесу керування ризиками в інтегрованих системах управління на основі взаємозв'язку між можливостями і небезпеками.

6. Increasing the efficiency of integrated enterprise management systems /V. Tsopa, S. Cheberiyachko, L. Cheberiyachko , O. Nesterova and D. Pustovoi //IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2025. 1481 012013. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1481/1/012013>

Авторкою проведений опис залежностей між кількістю захисних/запобіжних заходів для зниження рівня ризику від екологічної небезпеки до прийнятного рівня та витратами на їх реалізацію, що дозволяє обрати найбільш раціональний (оптимальний) варіант, виходячи із умов максимізації зниження рівня ризику при мінімізації витрат.

7. Rational choice of a complex of preventive measures to reduce environmental risks of hazards to an acceptable level / V.Tsopa, Ia Shavarskyi, L Koryashkina, L. Cheberiyachko, Yu Vakal and Ya Litvinova// IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1457012009. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1457/1/012009>

Авторкою запропоновано підхід до визначення альтернативних захисних технологій довкілля на основі визначення визначення терміну реалізації та її вартості.