

DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-7>

УДК 005.334:005.21:504(477)

Амбер Артур Юрійович

аспірант,

Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»

<https://orcid.org/0009-0001-3924-0875>**Arthur Amber**

Private Higher Educational Establishment "European University"

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ У СИСТЕМІ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS IN THE SYSTEM OF ECONOMIC SECURITY OF ENTERPRISES

Анотація. Сучасні умови господарювання характеризуються зростанням екологічних ризиків, що впливають на економічну безпеку підприємств і формують нові вимоги до стратегічного управління. У статті узагальнено наукові підходи до трактування екологічного ризику та обґрунтовано його інтеграцію у систему економічної безпеки. На прикладі ПрАТ «Північний ГЗК», ПрАТ «Центральний ГЗК» та ПрАТ «Інгулецький ГЗК» здійснено аналіз волатильності ключових екологічних індикаторів із застосуванням експоненційного згладжування, дисперсійного аналізу та імітаційного моделювання (Монте-Карло). Визначено прогностичні межі показників і критичні зони ризику. Результати підтверджують необхідність декарбонізації виробництва, модернізації систем поводження з відходами та впровадження сценарного управління екологічною безпекою для підвищення стійкості та конкурентоспроможності підприємств.

Ключові слова: екологічна безпека, економічна безпека, управління ризиками, стратегічне управління, промислові підприємства.

Summary. Modern enterprises operate under conditions of growing environmental risks that significantly affect the economic security and determine the urgent need for new management approaches. The article examines the conceptual and methodological approaches to interpreting environmental risks and substantiates the necessity of their systemic integration into the framework of enterprise economic security. Using the case of the Northern, Central, and Ingulets Mining and Processing Plants, a comprehensive statistical analysis of the main environmental indicators: energy consumption, pollutant emissions, CO₂ emissions, wastewater discharges, and hazardous waste generation was carried out. The obtained results revealed substantial differences in volatility and variability of indicators, which directly determine the levels of threats for eco-economic stability. The application of methods of exponential smoothing, variance and standard deviation calculations, as well as simulation modeling through the Monte Carlo method, enabled the definition of predictive boundaries for environmental indicators and identification of critical parameters affecting enterprise security. The originality of the research lies in combining quantitative risk assessment with scenario-based forecasting, which expands the toolkit of environmental and economic security management. The results emphasize the urgent necessity of production decarbonization, modernization of waste utilization systems, improvement of wastewater treatment, and implementation of adaptive strategies for risk minimization. This integrated approach ensures that enterprises can proactively address environmental challenges while maintaining economic stability. By prioritizing sustainable practices, companies can enhance their resilience and competitiveness in an increasingly uncertain global market. Consequently, environmental risk assessment should become a core element of enterprise security policy, ensuring long-term sustainability, resilience to external shocks, and competitiveness under conditions of ecological and economic uncertainty.

Keywords: environmental security, economic security, risk management, strategic management, industrial enterprises.

Постановка проблеми. Сучасна модель розвитку промислових підприємств в Україні супроводжується зростанням екологічних ризиків, які дедалі частіше трансформуються у загрози економічній безпеці. Поглиблення дисбалансів між виробничими потребами та екологічними обмеженнями зумовлює збільшення витрат на лік-

відацію наслідків, втрату природного капіталу та підвищення соціальної напруги у регіонах промислової концентрації. Водночас наявні підходи до управління економічною безпекою переважно орієнтовані на фінансові, інвестиційні чи кадрові аспекти, тоді як екологічний вимір розглядається фрагментарно і майже не інтегрується

у стратегічне управління. Це створює наукову і практичну суперечність: з одного боку, екологічні ризики набувають вирішального значення для стабільності підприємств, з іншого – відсутні уніфіковані методики їх кількісного вимірювання та включення до моделей економіко-екологічної безпеки. Подолання цієї суперечності визначає актуальність дослідження та зумовлює необхідність у розробці інструментарію, який забезпечить ідентифікацію, прогнозування та мінімізацію екологічних ризиків у межах системи економічної безпеки підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим дослідженням ризику як ключового елемента підприємницької функції є праця американського економіста Ф. Найта «Ризик, невизначеність і прибуток» [1]. У ній він обґрунтував взаємозв'язок між ризиком і невизначеністю, чітко розрізняючи ризик, що може бути кількісно вимірний і оцінений, та невизначеність, яка не піддається точному математичному визначенню й по-іншому впливає на управлінські рішення.

Серед вітчизняних дослідників С.В. Бреус трактує ризик як кількісний вимір наслідків загрози, що є похідною від небезпеки. За її підходом, ризик розглядається як стан, що у разі порушення системної рівноваги може призвести до втрати ресурсів різного типу або недоотримання доходів. Такі наслідки зумовлюються наростанням негативних тенденцій у соціально-економічній сфері під впливом комплексу зовнішніх і внутрішніх факторів [2].

У структурі сучасних ризиків провідне значення має екологічний, який вирізняється своєю специфікою впливу. Його необхідно розглядати комплексно, з урахуванням усіх рівнів управління, оскільки він охоплює господарські об'єкти, виробничі процеси та безпосередньо впливає на соціальну безпеку і якість життя населення. Екологічний ризик має інтегрований характер, адже формується під дією техногенних, природних та соціальних факторів, які разом визначають інтенсивність і особливості його прояву.

У науковій літературі екологічний ризик трактується переважно як ймовірнісна категорія. Так, А.Б. Качинський визначає його як кількісну міру небезпеки, що поєднує ймовірність настання події та можливий збиток [3]. М.М. Мусієнко наголошує на вірогідності негативних наслідків діяльності людини [4]. Ю.Ю. Чуприна підкреслює оцінювання можливих втрат у визначений часовий проміжок [5], тоді як В.Ф. Семенов розглядає ризик на різних рівнях – від локального до глобального [6]. М.Г. Лапуста підкреслює його неминучість у процесі прийняття господарських рішень [7], а І.П. Мігус трактує крізь призму економічної невизначеності щодо витрат [8]. У зарубіжних дослідженнях, зокрема у працях Г. Сутера

[9] та Д. Фокса і М. Бургмана [10], екологічний ризик розглядається як ймовірність настання події з негативними наслідками у визначений часовий період.

Невирішеною проблемою залишається відсутність єдиної інтегрованої методики кількісного оцінювання екологічних ризиків у системі економічної безпеки підприємств, що ускладнює своєчасну ідентифікацію загроз, прийняття управлінських рішень і формування адаптивних стратегій сталого розвитку.

Мета статті – обґрунтувати методичний підхід до кількісного аналізу екологічних ризиків промислових підприємств та визначити пріоритети екологічної модернізації в системі стратегічного управління.

Виклад основних результатів дослідження. Методологічна основа дослідження ґрунтується на застосуванні багатовимірного статистичного аналізу, який охоплює експоненційне згладжування часових рядів, розрахунок показників варіації, дисперсії та стандартного відхилення, а також визначення прогнозних меж індикаторів за допомогою імітаційного моделювання методом Монте-Карло з використанням вибірки зі 1000 симуляцій. Обчислення здійснювалися із застосуванням програмного забезпечення Statistica (v.10) та Microsoft Excel.

І.Г. Романовський та С.В. Бреус обґрунтовують використання логарифмічної функції для аналізу динамічних процесів, оскільки вона забезпечує згладжування відхилень у межах експоненційного підходу [2, 11]:

$$\sum_0^t \ln \frac{x_t}{x_{t-1}}, \quad (1)$$

де x_t – показник за певний період часу;

x_{t-1} – значення показника за попередній період.

Волатильність показника у межах аналізованого періоду визначається за формулою [2, 11]:

$$\bar{V} = \frac{\sum_0^t \ln \frac{x_t}{x_{t-1}}}{t}, \quad (2)$$

Варіація значення показника за період дослідження розраховується за формулою [2, 11]:

$$D = \left(\bar{V} - \ln \frac{x_t}{x_{t-1}} \right), \quad (3)$$

Розрахунок стандартного відхилення здійснюється за формулою [2, 11]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_0^t \left(\bar{V} - \ln \frac{x_t}{x_{t-1}} \right)^2}{n-1}}, \quad (4)$$

Розрахунок дисперсії показника визначається за формулою [2, 11]:

$$d = \sigma^2, \quad (5)$$

Визначення прогнозних меж показників індикаторів для забезпечення управління економіко-екологічною безпекою підприємств здійснюється на основі розподілу ймовірностей із застосуванням імітаційного моделювання методом Монте-Карло, розробленим у 1949 році Н. Метрополісом, С. Уламом та Дж. фон Нейманом.

Сутність даного підходу полягає у використанні випадкових величин для багаторазового відтворення можливих сценаріїв розвитку досліджуваних процесів. Це дає змогу сформувати статистично обґрунтований масив результатів, що відображає як найбільш імовірні тенденції, так і крайні відхилення. Метод Монте-Карло поєднує генерацію випадкових чисел і побудову розподілу частот, що дає змогу отримати широкий спектр можливих варіантів зміни показників у часі. Використання цього методу дозволяє досліджувати поведінку складних систем за умов невизначеності, коли класичні аналітичні підходи не дають змоги отримати точних оцінок. Для аналізу екологічних індикаторів підприємств імітаційне моделювання дозволяє встановити не лише середні значення параметрів, але й визначити діапазони їхніх коливань та ймовірність виходу за допустимі межі. Саме це робить Монте-Карло одним із головних інструментів для оцінювання ризиків у сфері економіко-екологічної безпеки.

Прогнозне значення показника (FV), що враховує ймовірнісний характер розподілу вхідних змінних, визначається за допомогою формули [2, 11]:

$$FV = PV * EXP \left(\sum_0^t \ln \frac{x_t}{x_{t-1}} \right) - \frac{\sigma}{2} + d * F_{звор}^{норм\ росн} \left(P_{ранд}^{Monte\ carlo} \right), \quad (6)$$

Елемент формули $F_{звор}^{норм\ росн} \left(P_{ранд}^{Monte\ carlo} \right)$ забезпечує отримання масиву значень нормального розподілу на основі випадкових ймовірностей $P_{ранд}$, що відтворюють динаміку системи.

Аналіз статистичних характеристик екологічних індикаторів ПрАТ «Північний ГЗК» свідчить

про наявність суттєвих ризиків, зумовлених значною мінливістю показників (табл. 1).

Результати розрахунків для ПрАТ «Північний ГЗК» демонструють високу дисбалансованість екологічних параметрів. Найбільш ризиковим є показник викидів CO₂ ($\sigma = 1,1792$; варіація = 8,3428; дисперсія = 1,3905), що свідчить про системні коливання вуглецевого сліду та формує ризики для кліматичної й фінансової безпеки підприємства, зокрема через ймовірність запровадження карбонового мита при експорті.

Значна мінливість зафіксована у викидах забруднюючих речовин ($\sigma = 0,5694$; варіація = 1,9455) та утворення відходів I–IV класу небезпеки ($\sigma = 0,4589$; варіація = 1,2636), що вказує на нерівномірність технологічних процесів і накопичувальний ефект у відвальних системах.

Енергоспоживання ($\sigma = 0,4532$; варіація = 1,2324) демонструє залежність від кон'юнктури виробництва, що безпосередньо впливає на собівартість та конкурентоспроможність продукції.

Найстабільнішим залишається показник скидання зворотних вод ($\sigma = 0,2561$), що пояснюється відносною інерційністю водогосподарських процесів.

Таким чином, ПрАТ «Північний ГЗК» має критичні ризики у вуглецевій сфері, доповнені проблемами поводження з відходами та атмосферними викидами забруднюючих речовин.

Отримані значення для ПрАТ «Центральний ГЗК», свідчать про відносну стабільність більшості екологічних індикаторів (табл. 2).

ПрАТ «Центральний ГЗК» відзначається найбільшою передбачуваністю серед розглянутих підприємств. Ключові виробничі показники – енергоспоживання ($\sigma = 0,1321$), викиди забруднюючих речовин ($\sigma = 0,0598$) та CO₂ ($\sigma = 0,1105$) – мають низьку варіативність і перебувають у стабільних межах. Це свідчить про ефективність контролю та налагодженість технологічних процесів.

Таблиця 1 – Статистичні значення екологічних індикаторів ПрАТ «Північний ГЗК»

Складова експоненціального згладжування	Волатильність індикатора	Варіація індикатора	Стандартне відхилення	Дисперсія індикатора
1	2	3	4	5
Обсяг споживання електроенергії для виробництва продукції, ГДж				
-0,3648	-0,0608	1,2324	0,4532	0,2054
Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, кг				
-1,2097	-0,2016	1,9455	0,5694	0,3243
Обсяг викидів діоксиду вуглецю, т				
3,7377	0,6229	8,3428	1,1792	1,3905
Обсяг скидання зворотних стічних вод, м ³				
-1,0669	-0,1778	0,3935	0,2561	0,0656
Обсяг утворення відходів I–IV класу небезпеки, т				
-0,7762	-0,1294	1,2636	0,4589	0,2106

Джерело: розраховано автором на основі [12]

Таблиця 2 – Статистичні значення екологічних індикаторів ПрАТ «Центральний ГЗК»

Складова експоненціального згладжування	Волатильність індикатора	Варіація індикатора	Стандартне відхилення	Дисперсія індикатора
1	2	3	4	5
Обсяг споживання електроенергії для виробництва продукції, ГДж				
-0,5774	-0,0962	0,1046	0,1321	0,0174
Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, кг				
-0,1549	-0,0258	0,0214	0,0598	0,0036
Обсяг викидів діоксиду вуглецю, т				
0,4112	0,0685	0,0733	0,1105	0,0122
Обсяг скидання зворотних стічних вод, м ³				
-0,5607	-0,0934	1,3575	0,4757	0,2262
Обсяг утворених відходів I-IV класу небезпеки, т				
-0,2953	-0,0492	1,5425	0,5070	0,2571

Джерело: розраховано автором на основі [12]

Водночас суттєвими залишаються ризики у сферах утворення відходів ($\sigma = 0,5070$; варіація = 1,5425) та скидання зворотних вод ($\sigma = 0,4757$; варіація = 1,3575). Нестабільність цих параметрів вказує на структурні проблеми у сфері екологічного менеджменту: відсутність сучасних технологій утилізації відходів та застарілі системи водочистки.

Таким чином, ПрАТ «Центральний ГЗК» демонструє низьку варіативність у базових індикаторах, але має значні ризики у сферах водокористування та поводження з відходами, що знижує його екологічну стійкість.

Аналіз статистичних характеристик ПрАТ «Інгулецький ГЗК» засвідчує критичний рівень ризиків (табл. 3)

Підприємство вирізняється найбільш критичними параметрами серед усіх аналізованих. Абсолютним лідером за мінливістю є показник викидів CO₂ ($\sigma = 1,3552$; варіація = 11,0199; дисперсія = 1,8367), що перевищує аналогічні значення ПрАТ

«Центральний ГЗК». Це свідчить про нестабільність виробничих процесів і слабкість систем контролю.

Додатковими джерелами ризику виступають утворення відходів I–IV класу небезпеки ($\sigma = 0,4807$; варіація = 1,3862) та викиди забруднюючих речовин ($\sigma = 0,3078$; варіація = 0,5685), які демонструють істотні відхилення від середніх тенденцій.

Порівняно стабільними є лише енергоспоживання ($\sigma = 0,3299$) та скидання зворотних вод ($\sigma = 0,2106$), однак їхній вплив не компенсує загальної нестабільності.

Таким чином, ПрАТ «Інгулецький ГЗК» формує найвищий рівень екологічної небезпеки серед підприємств галузі, що потребує радикальної екологічної модернізації та впровадження програм декарбонізації.

Подальший етап дослідження передбачає визначення прогностичних меж екологічних індикаторів, що дозволяє оцінити імовірність їх переви-

Таблиця 3 – Статистичні значення екологічних індикаторів ПрАТ «Інгулецький ГЗК»

Складова експоненціального згладжування	Волатильність індикатора	Варіація індикатора	Стандартне відхилення	Дисперсія індикатора
1	2	3	4	5
Обсяг споживання електроенергії для виробництва продукції, ГДж				
-1,0214	-0,1702	0,6531	0,3299	0,1088
Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, кг				
-1,2929	-0,2155	0,5685	0,3078	0,0947
Обсяг викидів діоксиду вуглецю, т				
-0,4055	-0,0676	11,0199	1,3552	1,8367
Обсяг скидання зворотних стічних вод, м ³				
-0,5885	-0,0981	0,2661	0,2106	0,0444
Обсяг утворених відходів I-IV класу небезпеки, т				
-1,1688	-0,1948	1,3862	0,4807	0,2310

Джерело: розраховано автором на основі [12]

щення критичних значень та, у свою чергу, конкретизує рівень загроз для економіко-екологічної безпеки підприємств.

Для ПрАТ «Північний ГЗК» характерна висока концентрація спостережень у межах прогнозних діапазонів, однак розподіл окремих показників демонструє нерівномірність (табл. 4).

Для енергоспоживання у межах 1,5–2,0 млн ГДж зафіксовано 438 випадків (43,80%), що при кумулятивній частоті 54,80% відображає достатньо передбачувану структуру даних.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря зосереджені в інтервалі 400–600 тис. кг, де зафіксовано 36,70% випадків (кумулятивна частота 44,80%), що свідчить про помірну концентрацію цього показника.

Проте викиди діоксиду вуглецю демонструють іншу картину: 952 випадки (95,20%) сконцентровані в інтервалі до 20 млн т. Така концентрація значень у межах одного діапазону вказує на системну залежність підприємства від екстремальних рівнів вуглецевих викидів. Це, у поєднанні з відхиленням від нормальності ($p < 0,01$), створює критичний рівень ризику.

Схожа ситуація простежується і у сфері утворення відходів: 45,00% спостережень зосереджені у діапазоні 15–20 млн т, а кумулятивна частота

сягає 91,80%, що підтверджує накопичувальний ефект екологічних ризиків.

Натомість скидання зворотних стічних вод характеризується відносною передбачуваністю: у межах 100–110 тис. м³ зосереджено 50,40% випадків, кумулятивно 64,70%, при цьому розподіл відповідає нормальності ($p > 0,20$).

Таким чином, для ПрАТ «Північний ГЗК» властива стабільність у сфері енергоспоживання та водокористування, однак зафіксовано критичну концентрацію ризиків у вуглецевих викидах і відходах, що потребує пріоритетного врахування при сценарному моделюванні та формуванні антикризових екологічних стратегій.

Розподіл прогнозних меж для ПрАТ «Центральний ГЗК» демонструють відносну рівномірність більшості показників (табл. 5).

Розрахунки свідчать, що найвища частка спостережень зафіксована для обсягів споживання енергії: 62,50% у межах 640–660 тис. ГДж, кумулятивна частота сягає 77,80%. Це вказує на високу передбачуваність та низьку волатильність цього показника.

Подібна тенденція простежується у викидах забруднюючих речовин в атмосферне повітря (28,70%; кумулятивно 65,70%) та у викидах CO₂ (28,20%; кумулятивно 77,20%). Обидва

Таблиця 4 – Прогнозні межі екологічних індикаторів ПрАТ «Північний ГЗК»

Прогнозні Межі	Частота	Кумулятивна частота	Відсоток допустимого значення	Кумулятивний відсоток допустимого значення	Відсоток всіх спостережень	Кумулятивний відсоток від всіх спостережень
1	2	3	4	5	6	7
Обсяг споживання електроенергії для виробництва продукції, ГДж						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$1500000 < x \leq 2000000$	438	548	43,80	54,80	43,80	54,80
Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, кг						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$400000 < x \leq 600000$	367	448	36,70	44,80	36,70	44,80
Обсяг викидів діоксиду вуглецю, т						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$0,000000 < x \leq 20000000$	952	952	95,20	95,20	95,20	95,20
Обсяг скидання зворотних стічних вод, м ³						
Критерій Ліллієфорса $p > 0,20$						
$100000 < x \leq 110000$	504	647	50,40	64,70	50,40	64,70
Обсяг утворених відходів I–IV класу небезпеки, т						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$15000000 < x \leq 20000000$	450	918	45,00	91,80	45,00	91,80

Джерело: розраховано автором на основі [12]

Таблиця 5 – Прогнозні межі екологічних індикаторів ПрАТ «Центральний ГЗК»

Прогнозні Межі	Частота	Кумулятивна частота	Відсоток допустимого значення	Кумулятивний відсоток допустимого значення	Відсоток всіх спостережень	Кумулятивний відсоток від всіх спостережень
1	2	3	4	5	6	7
Обсяг споживання електроенергії для виробництва продукції, ГДж						
Критерій Ліллієфорса $p > 0,20$						
$640000 < x \leq 660000$	625	778	62,50	77,80	62,50	77,80
Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, кг						
Критерій Ліллієфорса $p > 0,20$						
$1860000 < x \leq 1865000$	287	657	28,70	65,70	28,70	65,70
Обсяг викидів діоксиду вуглецю, т						
Критерій Ліллієфорса $p > 0,20$						
$104000 < x \leq 105000$	282	772	28,20	77,20	28,20	77,20
Обсяг скидання зворотних стічних вод, м ³						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$400000 < x \leq 500000$	368	595	36,80	59,50	36,80	59,50
Обсяг утворених відходів I–IV класу небезпеки, т						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$10000000 < x \leq 15000000$	555	696	55,50	69,60	55,50	69,60

Джерело: розраховано автором на основі [12]

параметри демонструють стабільність динаміки, що узгоджується з результатами тестів нормальності.

Водночас утворення відходів I–IV класів небезпеки становить найбільшу загрозу: 55,50% спостережень припадають на діапазон 10–15 млн т, а кумулятивне значення сягає 69,60%.

Скидання зворотних стічних вод також формує додаткову зону ризику: 36,80% спостережень зосереджені у межах 400–500 тис. м³ (кумулятивно 59,50%), а тест Ліллієфорса ($p < 0,01$) підтверджує відхилення від нормального розподілу, що свідчить про його потенційну нестабільність.

Таким чином, ПрАТ «Центральний ГЗК» загалом характеризується високим рівнем передбачуваності за енергоспоживанням та викидами забруднюючих речовин, але стратегічними зонами екологічного ризику залишаються утворення відходів I–IV класу небезпеки та скиди зворотних вод, що потребують застосування сценарного підходу до управління.

Для ПрАТ «Інгулецький ГЗК» прогнозні межі демонструють найвищу концентрацію ризиків серед досліджених підприємств (табл. 6).

Аналіз статистичних розподілів підтвердив, що найбільш критичним параметром для економіко-

екологічної безпеки ПрАТ «Інгулецький ГЗК» є викиди діоксиду вуглецю. У вибірці зафіксовано 980 випадків (98%), які зосереджені в інтервалі до 2000 т, що відображає високий рівень концентрації значень у межах одного діапазону. Подібна структура даних свідчить про обмежену варіативність показника, що водночас зумовлює підвищену чутливість до потенційних відхилень поза прогнозними межами.

Схожі тенденції простежуються у сфері утворення відходів I–IV класів небезпеки, де 31,40% випадків припадають на діапазон 5–6 млн т, а кумулятивне значення сягає 73,50%. Такий розподіл вказує на наявність накопичувального ефекту екологічних ризиків, що підвищує ймовірність перевищення допустимих меж у довгостроковій перспективі.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря характеризуються значною концентрацією (35,50% у межах 110–120 тис. кг; кумулятивно – 77,30%), що свідчить про ризик перевищення нормативних навантажень у випадку зміщення структури викидів.

Водночас споживання енергоресурсів та обсяги скидання зворотних стічних вод продемонстрували відносну стабільність, оскільки основні частоти розподілу зосереджені на рівні 37% та

Таблиця 6 – Прогнозні межі екологічних індикаторів ПрАТ «Інгулецький ГЗК»

Прогнозні Межі	Частота	Кумулятивна частота	Відсоток допустимого значення	Кумулятивний відсоток допустимого значення	Відсоток всіх спостережень	Кумулятивний відсоток від всіх спостережень
1	2	3	4	5	6	7
Обсяг споживання електроенергії для виробництва продукції, ГДж						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$700000 < x \leq 800000$	370	457	37,00	45,70	37,00	45,70
Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, кг						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$110000 < x \leq 120000$	355	773	35,50	77,30	35,50	77,30
Обсяг викидів діоксиду вуглецю, т						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$0 < x \leq 2000$	980	980	98,00	98,00	98,00	98,00
Обсяг скидання зворотних стічних вод, м ³						
Критерій Ліллієфорса $p > 0,20$						
$56000 < x \leq 58000$	286	576	28,60	57,60	28,60	57,60
Обсяг утворених відходів I–IV класу небезпеки, т						
Критерій Ліллієфорса $p < 0,01$						
$5000000 < x \leq 6000000$	314	735	31,40	73,50	31,40	73,50

Джерело: розраховано автором на основі [12]

28,60% відповідно. Це говорить про передбачуваність динаміки зазначених показників у межах прогнозних інтервалів.

Таким чином, можна стверджувати, що для ПрАТ «Інгулецький ГЗК» високий рівень ризику концентрується у сферах викидів CO₂ та утворення відходів, тоді як енергоспоживання і скидання води залишаються контрольованими.

Висновки. Таким чином, проведений аналіз свідчить, що нестабільність екологічних індикаторів безпосередньо визначає рівень економіко-екологічної безпеки підприємств. ПрАТ «Північний ГЗК» виявляє критичні коливання у сфері

викидів CO₂ та забруднюючих речовин, ПрАТ «Центральний ГЗК» демонструє відносну стабільність базових параметрів при наявності проблем з відходами та водними ресурсами, тоді як ПрАТ «Інгулецький ГЗК» вирізняється найбільш ризиковою динамікою, зумовленою аномальною варіативністю викидів CO₂.

Отримані результати підтверджують необхідність впровадження комплексних програм декарбонізації, оптимізації систем утилізації відходів та очищення вод як ключових напрямів зниження екологічних ризиків і підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Список використаних джерел:

1. Knight F. Risk, Uncertainty and Profit. Vernon Press Titles in Economics. Vernon Art and Science Inc. 2013. Edition 1, No. 14.
2. Бреус С. В. Управління економічною безпекою системи вітчизняних закладів вищої освіти : монографія. Київ : КНУТД, 2019. 400 с.
3. Качинський А., Глуцький Л., Сонкіна Г. Інтегральні оцінки ризику екологічної безпеки регіонів України. *Регіональна економіка*. 2021. № 1. С. 213–221.
4. Мусієнко М. М., Серебряков В. В., Брайон О. В. Екологія: тлумачний словник. Київ : Либідь, 2004. 376 с.
5. Чуприна Ю. Ю. Екологічний ризик та екологічна безпека. 2019. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/04/41-2.pdf>
6. Семенов В. Ф., Михайлюк О. Л., Галушкіна Т. П. Екологічний менеджмент. Київ : Центр навчальної літератури, 2019. 516 с.
7. Лапуста М. Г. Еколого-економічні ризики у сучасних економічних умовах: соціальний аспект. *Економічні науки. Вісник ЖДТУ*. 2020. № 3 (53). С. 248–251.

8. Мігус І. П. Необхідність розмежування понять «загроза» та «ризик» при діагностиці економічної безпеки суб'єктів господарювання. *Економіка та суспільство*. 2011. №12.
9. Suter II G. W. Ecological Risk Assessment in the United States Environmental Protection Agency: A Historical Overview. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2018. Vol. 4, No. 3. P. 285–289.
10. Fox D. R., Burgman M. Ecological Risk Assessment. In: Melnick E., Everitt B. (eds). *Encyclopedia of Quantitative Risk Assessment and Analysis*. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2018. P. 1600–1603.
11. Романовський І. Г. Застосування методу Монте-Карло для моделювання економічних ризиків агропромислового підприємства. *Проблеми економіки та політичної економії*. 2017. № 1. С. 129–141.
12. Офіційний сайт ТОВ «Метінвест Холдинг. URL: <https://www.metinvestholding.com/ua>.

References:

1. Knight, F. (2013). *Risk, Uncertainty and Profit*. Vernon Press Titles in Economics. Vernon Art and Science Inc., Edition 1, No. 14.
2. Breus, S. V. (2019). *Upravlinnia ekonomichnoiu bezpekoiu systemy vitchyznianskykh zakladiv vyshchoi osvity: monohrafiia* [Management of the economic security of the system of domestic higher education institutions: monograph]. Kyiv: KNUTD. 400 p. (in Ukrainian)
3. Kachynskiy, A., Hluts'kyi, L., & Sonkina, H. (2021). Intehral'ni otsinky ryzyku ekolohichnoi bezpeky rehioniv Ukrainy [Integral assessments of the risk of environmental safety of Ukrainian regions]. *Rehionalna ekonomika – Regional Economy*, (1), 213–221. (in Ukrainian)
4. Musiienko, M. M., Serebriakov, V. V., & Braion, O. V. (2004). *Ekolohiia: tlumachnyi slovnyk* [Ecology: explanatory dictionary]. Kyiv: Lybid'. 376 p. (in Ukrainian)
5. Chupryna, Yu. Yu. (2019). Ekolohichni ryzyk ta ekolohichna bezpeka [Ecological risk and ecological safety]. Available at: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/04/41-2.pdf> (in Ukrainian)
6. Semenov, V. F., Mykhailiuk, O. L., & Halushkina, T. P. (2019). *Ekolohichniy menedzhment* [Environmental management]. Kyiv: Tsentri navchal'noi literatury. 516 p. (in Ukrainian)
7. Lapusta, M. H. (2020). Ekoloho-ekonomichni ryzyky u suchasnykh ekonomichnykh umovakh: sotsial'nyi aspekt [Ecological and economic risks in modern economic conditions: social aspect]. *Ekonomichni nauky. Visnyk ZhDTU – Economic Sciences. Bulletin of ZhSTU*, 3(53), 248–251. (in Ukrainian)
8. Mihus, I. P. (2011). Neobkhdnist' rozmezhuvannia poniat' "zahroza" ta "ryzyk" pry diahnostytsi ekonomichnoi bezpeky sub'iektiv hospodariuvannia [The need to differentiate between "threat" and "risk" in diagnosing the economic security of business entities]. *Ekonomika ta suspil'stvo – Economy and Society*, (12). (in Ukrainian)
9. Suter II, G. W. (2018). Ecological risk assessment in the United States Environmental Protection Agency: A historical overview. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 4(3), 285–289.
10. Fox, D. R., & Burgman, M. (2018). Ecological risk assessment. In E. Melnick & B. Everitt (Eds.), *Encyclopedia of Quantitative Risk Assessment and Analysis* (pp. 1600–1603). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
11. Romanovskiy, I. H. (2017). Zastosuvannia metodu Monte-Karlo dlia modeliuvannia ekonomichnykh ryzykiv ahropromysloвого pidpriemstva [Application of the Monte Carlo method for modeling economic risks of an agro-industrial enterprise]. *Problemy ekonomiky ta politychnoi ekonomii – Problems of Economics and Political Economy*, (1), 129–141. (in Ukrainian)
12. *Ofitsiinyi sait TOV "Metinvest Holding"* [Official website of Metinvest Holding LLC]. Available at: <https://www.metinvestholding.com/ua> (in Ukrainian)

Стаття надійшла до редакції 03.09.2025