

**О. С. Черенкевич,**  
аспірантка,  
Донецький національний університет імені Василя Стуса,  
E-mail: cherenkevych92.92@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2319-0658>

## Статистичне моделювання екологічних ризиків як фактора екологічної безпеки

У сучасних умовах пріоритетом розвитку України стає забезпечення збалансованого еколого-економічного розвитку та створення екологічно безпечних умов життєдіяльності суспільства. Метою статті є статистичне моделювання екологічних ризиків для їх оцінки та обґрунтування управлінських рішень з екологічної безпеки. Автором уточнено визначення екологічної безпеки як сукупності умов та процесів, які забезпечують усі життєво необхідні потреби людини та не передбачають погіршення умов життєдіяльності майбутніх поколінь за умови економічної та екологічної збалансованості для досягнення сталого економічного розвитку. Як складова національної безпеки, екологічна безпека є об'єктом статистичного дослідження, що охоплює, зокрема, кількісні параметри ризиків забруднення навколишнього середовища.

У роботі моделювання екологічних ризиків виконано за допомогою трендових моделей. А саме, величину ризиків забруднення навколишнього середовища запропоновано обчислювати як різниці між фактичними рівнями забруднення повітря, водних ресурсів і створення небезпечних відходів I-III класу та відповідними теоретичними значеннями, розрахованими за моделлю. Питомі витрати на очищення атмосферного повітря та водоймищ, а також поводження з відходами визначено як відношення суми поточних витрат на природоохоронні заходи до величини фактичного забруднення за відповідним напрямом, тобто витрати на очищення в розрахунку на одиницю забруднення. Подальшу оцінку вартості ризику запропоновано обчислювати як добуток питомих витрат на очищення за видами та величини перевищення фактичних значень над змодельованими. Для України на сьогодні найбільш гострими насамперед за вартістю ризику є проблеми забруднення водних об'єктів, а також утворення небезпечних відходів; менш критичним є забруднення атмосферного повітря. Отримані результати дозволяють зробити висновок про неефективність існуючої системи платності за забруднення довкілля і компенсації збитків. Обґрунтовано потребу збільшення капітальних інвестицій на оснащення засобами захисту навколишнього середовища та необхідність підвищення штрафів за недотримання норм забруднення.

**Ключові слова:** екологічні ризики, екологічна безпека, статистичне моделювання, оцінка ризиків, вартість екологічного ризику.

**Актуальність теми.** Дослідження екологічної безпеки як складової національної безпеки є порівняно новою сферою, що набула актуальності у глобалізованому світі. В сучасних умовах суспільного розвитку серед пріоритетів національних інтересів України особливо виділяється забезпечення екологічно безпечних умов життєдіяльності суспільства, а також збереження і відновлення навколишнього природного середовища [6].

Загальні процеси інтеграції економіки країни у світові та європейські структури супроводжуються значним підвищенням вимог до її екологічної безпеки. Входження України до міжнародної спільноти, впровадження ринкових методів управління як економікою загалом, так і окремими підприємствами й організаціями вимагає знання та дотримання сучасних єдиних норм і правил у галузі екологічної

діяльності, переходу на екологічно орієнтовані методи управління.

Передовий досвід розвинених країн щодо інтеграції екологічної політики в усі галузі економіки та вдосконалення системи інтегрованого екологічного управління демонструє, що сталий розвиток неможливий без урахування екологічного складника. Тому забезпечення екологічної безпеки та, зокрема, оцінка екологічних ризиків є одними з головних завдань екологічної політики для України і для багатьох країн світу, що зумовлює актуальність теми дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми екологічної безпеки та екологічних ризиків є предметом дослідження багатьох учених. Серед зарубіжних авторів слід назвати фундаментальні праці Л. Хенса, М. Ф. Реймерса, Р. Коуза, Е. Морена, Г. Хакена та ін. У роботах таких вітчизняних учених,

як О. Балацький, М. Згуровський, М. Петрушенко, В. Карамушка, Л. Єлісеєва, О. Харламова, М. Хилько, С. Хлобистов, Л. Шелудченко, В. Шмандій, Л. Яценко та ін. проведено масштабні дослідження взаємозв'язку економічних, соціальних і природних чинників суспільного розвитку, в тому числі економічних аспектів екологічної безпеки.

Так, у роботах М. Хилько та А. Качинського досліджено теоретичну сутність та фактори екологічної безпеки. Також доведено, що екологічний ризик по суті є загрозою погіршення якості природного середовища, ураження людей, популяцій і угруповань живих організмів, зумовленою наявністю або потенційною можливістю виникнення шкідливих природних і антропогенних чинників. Дослідженням питань формування системи показників екологічної безпеки з критеріями оцінювання за градацією станів екобезпеки (критичний – порушений – нормальний – гармонізований) присвячені роботи Л. Яценко, Ю. Ночовної та М. Крихівського.

Моделюванням тенденцій і взаємозв'язків у сфері екологічної безпеки займаються такі українські науковці, як Т. Кобилинська та Я. Іщук. Так, Т. Кобилинська пропонує, зокрема, виконувати статистичне оцінювання та прогнозування впливу окремих факторів на обсяги викидів забруднювачів (парникових газів та твердих частинок) за допомогою методів лінійної регресії та ланцюгових підстановок. Я. Іщук додатково пропонує оцінювати стан і тенденції розвитку продовольчої безпеки як у цілому, так і в розрізі окремих її напрямів.

Водночас проблема статистичної оцінки та моделювання екологічних ризиків на макrorівні залишається недостатньо розробленою та потребує подальших наукових розвідок.

Метою статті є статистичне моделювання екологічних ризиків для обґрунтування управлінських рішень з екологічної безпеки.

**Виклад основного матеріалу.** Зростання міжнародної конкуренції та спрямованість міжнародного співтовариства на сталий розвиток зумовлюють беззастережну необхідність упровадження ефективних методів регулювання екологічної безпеки. Йдеться про оцінку та моніторинг екологічного ризику, що залишаються одними з першочергових завдань, оскільки від їх успішного вирішення значною мірою залежить економічна ефективність господарства в довгостроковій перспективі, здатність економіки України до збалансованого еколого-економічного розвитку. У цьому контексті виникає потреба у статистичній оцінці та моделюванні екологічних ризиків як фактора екологічної безпеки.

У теперішній час у науковій літературі не існує єдиного підходу до статистичної оцінки екологічної безпеки через її певну невизначеність. Поряд з тим автори переважно пов'язують поняття екологічної безпеки саме з екологічними загрозами та ризиками [1; 2; 5; 11; 12]. У попередніх роботах автором було

проділено достатню увагу теоретичному обґрунтуванню поняття екологічної безпеки та її факторів, в даному дослідженні в якості вихідного пункту статистичної оцінки та моделювання екологічних ризиків використано уточнене авторське визначення, а саме: екологічна безпека відображає сукупність умов та процесів, які забезпечують всі життєво необхідні потреби людини та не передбачає погіршення умов життєдіяльності майбутніх поколінь за умови економічної та екологічної збалансованості для досягнення сталого економічного розвитку.

Водночас екологічна безпека як об'єкт статистичного дослідження відображає кількісні параметри явищ, процесів та загроз забруднення навколишнього середовища певної території у взаємозв'язку з якісними показниками її економічного розвитку.

Таке визначення враховує економічні можливості держави та необхідність постійної оцінки балансу загроз і можливостей запобігання їм в умовах обмежених ресурсів. Крім того, акцентується головна мета, а саме, сталий економічний розвиток суспільства, з позицій якого деякі тенденції, наприклад відмова від використання атомної енергетики або генетично модифікованих продуктів, виглядають дещо популістськими та нездійсненими в осяжному майбутньому. Цей підхід також посилює важливість превентивних заходів у вирішенні проблем, адже врахування потенційних екологічних загроз під час планування діяльності та проектів коштує набагато менше, ніж усунення наслідків екологічної кризи або навіть катастрофи. Тому особливого значення набуває виявлення та дослідження загроз екобезпеки як потенційних можливостей її порушення, що, на думку авторки, відображає сутність екологічних ризиків.

При цьому авторка згодна з думкою українського фахівця в галузі дослідження екологічних ризиків М. Хилько, що наразі в Україні в основу стратегії управління екологічною безпекою слід закласти концепцію ненульового ризику, яка "... визнає факт недосяжності абсолютної безпеки" [11, с. 134]. Тобто наукова дискусія має відбуватися навколо питання величини прийнятного екологічного ризику, а не факту його виникнення в принципі.

Аналіз ризикової ситуації вимагає розробки й обґрунтування управлінського рішення, як правило, у формі нормативного акту, спрямованого на зменшення ризику, пошуку шляхів скорочення ризику виникнення потенційних природних і техногенних катастроф, а також розвитку повільних негативних процесів, які можуть спричинити такі катастрофи.

На мікрорівні оцінка екологічного ризику проводиться у формі замовленого дослідження з метою отримання інформації, що має перспективний або ретроспективний характер і необхідна замовнику (законодавчі, управлінські структури тощо) для прийняття адміністративних рішень [5, с. 152].

Згідно з планом дослідження, оцінка екологічного ризику включає такі етапи:

1. Формулювання проблеми і розробка плану аналізу ситуації.
2. Аналіз екологічної ситуації.
3. Обробка даних, формування висновків і подання матеріалів замовнику.

Аналіз даних зазвичай відбувається за такими основними напрямками: інженерний, модельний, експертний і соціальний. Інженерний напрям передбачає розрахунок імовірностей аварій на основі статистичних даних про них та пов'язані з цим викиди токсичних речовин у навколишнє середовище. Експертний напрям застосовується, коли статистичних даних для аналізу недостатньо, тому експерт має оцінити ймовірність настання ризику та наслідки його реалізації. Соціологічний напрям дозволяє визначити ступінь ризику для окремих груп населення.

Модельний напрям полягає у застосуванні математичних моделей процесів, які призводять до небажаних наслідків для людини та навколишнього середовища внаслідок зростання викидів забруднюючих речовин і недостатніх заходів для запобігання таким процесам. Загалом такі моделі є загальновідомими та широко розкриті в науковій літературі зі статистико-математичного моделювання. Такі моделі є основою для подальших розрахунків ризиків на основі різних коефіцієнтів відхилень та варіації.

У роботі для статистичного моделювання екологічних ризиків обрано метод моделювання результативних показників забруднення на макрорівні з подальшою оцінкою відхилень та вартості ризику на цій основі. Отже, рівень екологічної безпеки та її ризики розраховуються в логічній послідовності, зазначеній на рис. 1 (запропоновано автором).



Рис. 1. Основні етапи оцінки ризиків екологічної безпеки

Як видно з рисунку, важливе значення в оцінці екологічної безпеки має вибір вихідних підсистем забруднення. Так, для України на сьогодні найбільш гострими є проблеми забруднення атмосфери, водних об'єктів, а також утворення небезпечних відходів. Джерелами інформації для оцінювання виступають форми статистичної звітності, а також законодавчі акти, що регулюють процеси еколого-економічного розвитку.

Розрахунок показників ризику забруднення та його потенційної вартості підвищить обґрунтованість і ефективність прийнятих управлінських рішень у цій сфері. Крім того, запропоновані критерії рівня ризику у відсотках дозволяють оцінити стан

екологічної безпеки певної підсистеми забруднення. При цьому обрані кількісні параметри базуються на градації для коефіцієнта варіації, коли вважається, що припустимий рівень варіації або ризику не перевищує 33%, а незворотні зміни можна очікувати на рівні ризику понад 50% [7; 9; 10].

Імплементация цієї системи оцінки екологічного ризику є достатньо простою. На першому етапі моделювання формують відповідні ряди динаміки показників екологічної безпеки та будують рівняння трендів. Питання про вибір типу кривої є основним під час вирівнювання ряду. За інших рівних умов помилка при виборі форми кривої під час розв'язання завдання виявляється більш значущою за своїми

наслідками (особливо для прогнозування), ніж помилка, пов'язана зі статистичним оцінюванням параметрів. У роботі вибір форми кривої заснований на порівнянні формальних критеріїв апроксимації таких апробованих трендових моделей;

- 1) лінійна:  $\hat{y}_t = a_0 + a_1 t$ ;
- 2) параболічна другого порядку:  $\hat{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ ;
- 3) степенева:  $\hat{y}_t = a_0 t^{a_1}$ ;
- 4) експоненційна:  $\hat{y}_t = a_0 \exp(a_1 t)$ ;
- 5) логарифмічна:  $\hat{y}_t = a_0 + a_1 \ln t$ .

Екологічні ризики розраховано для викидів забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря, обсягів утворених відходів I-III класу небезпеки та обсягів забруднених вод за даними 2007–2019 рр. [8]. Трендові моделі розраховано у MS Excel. Далі представлено порівняльну таблицю формальних критеріїв апроксимації моделі для викидів забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря (табл. 1, авторські розрахунки за даними [8]).

Таблиця 1

**Формальні критерії апроксимації трендових моделей для викидів забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря країни**

Статистична модель	Коефіцієнт детермінації, $R^2$	Критерій Фішера		Середня відносна помилка апроксимації, %
		розрахунковий, $F_p$	табличний, $F_{табл}$	
Лінійна	0,866	71,37	4,84	6,23
Параболічна другого ступеня	0,881	37,02	4,10	6,21
Степенева	0,673	22,69	4,84	10,82
Експоненційна	0,865	70,46	4,84	6,35
Логарифмічна	0,698	25,43	4,84	10,14

Найкращою для моделювання забруднення атмосферного повітря визначено параболічну модель:

$$\hat{y}_{t,air} = 7514,64 - 139,4t - 12,03t^2,$$

де  $\hat{y}_{t,air}$  – розрахункові викиди в атмосферу, тис. т.

Параметри моделі свідчать, що за досліджуваній період спостерігається зниження викидів

забруднюючих речовин із середніми швидкістю 139,4 тис. т. та прискоренням 12,03 тис. т. щорічно. У табл. 2 (авторські розрахунки та дані [6]) представлено результати розрахунку за рівнянням параболічного тренда та абсолютні ризики збільшення викидів в атмосферу як відхилення теоретичних і фактичних величин забруднень.

Таблиця 2

**Оцінка абсолютного ризику забруднення атмосфери за 2007–2019 рр.**

Роки	Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря, тис. т		Абсолютний ризик збільшення викидів в атмосферу, тис. т
	фактичні	за моделлю	
2007	7380,0	7363,3	16,7
2008	7210,3	7187,8	22,5
2009	6442,9	6988,3	-545,4
2010	6678,0	6764,7	-86,7
2011	6877,3	6517,1	360,2
2012	6821,1	6245,3	575,8
2013	6719,8	5949,6	770,2
2014	5346,2	5629,7	-283,5
2015	4521,3	5285,8	-764,5
2016	4686,6	4917,8	-231,2
2017	4230,6	4525,8	-295,2
2018	4121,2	4109,7	11,5
2019	4119,0	3669,5	449,5

Додатні відхилення фактичних значень від теоретичних (розрахункових) свідчать про наявність ризиків забруднення. За результатами розрахунків, за аналізований період сума перевищення фактичних викидів забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря над змодельованими склала 2119,7 тисяч тонн, або 50% від суми абсолютних відхилень. Ця величина і є, на нашу думку, оцінкою рівня ризику забруднення атмосфери.

Отриманий рівень ризику можна оцінити як критичний, що свідчить про недостатнє фінансування та неефективність упровадження заходів щодо зниження викидів в атмосферу.

З метою моделювання обсягів утворення відходів I-III класу небезпеки для вищезазначеного набору моделей також обчислено формальні критерії апроксимації, за значеннями яких обрано параболічну модель:

$$\hat{y}_{t,hv} = 2849,8 - 389,9t + 16,7t^2,$$

де  $\hat{y}_{t,hv}$  – утворення небезпечних відходів, тис. т.

За досліджуваний період загалом спостерігається зниження обсягів викидів небезпечних речовин із середньорічною швидкістю 389,9 тис. т., однак із уповільненням 16,7 тис. т. У табл. 3 (авторські розрахунки та дані [8]) представлені фактичні обсяги відходів та результати розрахунків за моделлю.

Таблиця 3

Оцінка абсолютного ризику забруднення небезпечними відходами за 2007–2019 рр.

Роки	Утворено відходів I-III класу небезпеки, тис. т		Абсолютний ризик збільшення утворених відходів I-III класу небезпеки, тис. т
	фактично	за моделлю	
2007	2585,2	2476,6	108,6
2008	2301,2	2136,8	-35,6
2009	1230,3	1830,5	164,4
2010	1659,9	1557,6	102,3
2011	1434,5	1318,0	116,5
2012	1368,1	1111,9	256,2
2013	919,1	939,2	-20,1
2014	739,7	800,0	-60,3
2015	587,3	694,1	-106,8
2016	621,0	621,6	-0,6
2017	605,3	582,6	22,7
2018	627,4	577,0	50,4
2019	571,7	604,8	-33,1

Як видно з табл. 4, загальна сума абсолютного ризику перевищення забруднення небезпечними відходами склала 821,1 тис. т або 76,2% від загальної суми відхилень, що можна класифікувати як несприятливий рівень ризику.

Ще одним важливим показником екологічної безпеки є обсяги забруднення водних ресурсів, для визначення яких також були обчислені формальні критерії апроксимації досліджуваних трендових моделей. Найкращою для моделювання забруднення водних об'єктів обрана параболічна модель:

$$\hat{y}_{t,w} = 3921,7 - 600,7t + 29,3t^2,$$

де  $\hat{y}_{t,w}$  – обсяги забруднених вод, млн куб. м.

Параметри отриманої моделі свідчать, що за досліджуваний період спостерігається зниження обсягів забруднених вод із середньою швидкістю 600,7 тис. тонн та уповільненням 29,3 тис. тонн щорічно.

У табл. 4 (авторські розрахунки за даними [8]) представлено вихідні дані та результати розрахунку за рівняннями моделі. Результати свідчать, що величина абсолютного ризику забруднення водних об'єктів, тобто перевищення фактичного обсягу над теоретичними значеннями, склала 1366,9 млн куб. м, або 50,0%.

Оцінка абсолютного ризику забруднення водних об'єктів за 2007–2019 рр.

Роки	Забруднено води, млн куб. м		Абсолютний ризик збільшення обсягів забруднених вод, млн куб. м
	фактично	за моделлю	
2007	3854	3350,3	503,7
2008	2728	2837,6	-109,6
2009	1766	2383,5	-617,5
2010	1744	1988,1	-244,1
2011	1612	1651,3	-39,3
2012	1521	1373,1	147,9
2013	1717	1153,6	563,4
2014	923	992,7	-69,7
2015	875	890,4	-15,4
2016	698	846,8	-148,8
2017	997	861,8	135,2
2018	952	935,4	16,6
2019	945	1067,7	-122,7

На основі результатів моделювання обчислено питомі витрати на охорону навколишнього природного середовища (ОНПС) за відповідними напрямками забруднення в 2019 році [6]. Питомі поточні витрати дорівнюють відношенню суми поточних витрат на природоохоронні заходи до

величини забруднення. На цій основі розраховано вартість ризику за напрямами екологічної безпеки як добуток питомих поточних витрат на охорону природного середовища і суми перевищень фактичних величин забруднення над теоретичними значеннями (табл. 5, авторські розрахунки).

Таблиця 5

Питома вартість забруднення й оцінки рівня та вартості ризиків за напрямами екологічної безпеки у 2019 р.

Напрямок ризику екологічної безпеки	Поточні витрати на ОНПС за видами заходів, млн грн	Величина забруднення	Питомі витрати на природоохоронні заходи	Сума перевищень фактичних величин забруднення теоретичних значень	Вартість ризиків перевищення теоретичних значень забруднень, млн грн
Очищення атмосферного повітря	2963,9	4119,0 тис. т	719,6 грн/т	2206,5 тис. т	1736,5
Очищення зворотних вод	10872,7	945,0 млн куб. м	11505,5 грн/ тис. куб. м	1366,9 млн куб. м	15726,9
Поводження з відходами	10227,1	571,7 тис. т	17889,0 грн/т	821,1 тис. т	14688,3

Отже, максимальна ціна ризиків забруднення за 2007–2019 рр. склала 15,7 млрд грн щодо водних ресурсів, тобто забруднення водоймищ найдорожче обходиться державі. Майже на тому самому рівні, а саме, 14,7 млрд грн, перебуває вартість ризику утворення відходів I-III класу небез-

пеки. Поряд з такими високими показниками порівняно незначною є вартість ризику забруднення повітря – 1,7 млрд грн, що у понад 9 разів менше за вартість ризику забруднення водних ресурсів.

Отримані оцінки дають можливість ранжувати загрози забруднення за ступенем важливості

для виявлення пріоритетів екологічних заходів і розробки інструментів мінімізації ризиків. Проте у всіх сферах рівень ризику можна схарактеризувати як критичний або надзвичайно високий.

Основні проблеми полягають у такому: 1) дефіцит об'єктів з оброблення та утилізації відходів; 2) практична відсутність дієвого контролю за навколишнім середовищем та відповідної практики управління; 3) неефективність регуляторних та законодавчих норм; 4) незаконна утилізація відходів та створення стихійних звалищ; 5) фінансові перешкоди; 6) відсутність єдиної організаційної структури. Ситуація значно ускладнюється через відсутність належної інфраструктури з роздільного збирання, сортування й утилізації твердих побутових відходів.

Існує реальна необхідність проведення інженерних обстежень і паспортизації полігонів побутових відходів і сміттєзвалищ, створення їх електронного реєстру з урахуванням стихійних полігонів. Підвищення рівня екологічної безпеки у цій сфері потребує розробки нових механізмів стимулювання роздільного збирання та утилізації відходів, що утворюються у домогосподарствах.

Значна частина водних об'єктів України характеризується високим ступенем забруднення і низькою якістю води. Скид забруднюючих речовин підприємств промисловості та комунального господарства, а також стоки з сільськогосподарських територій і територій, зайнятих сміттєзвалищами справляють суттєвий негативний вплив на водні об'єкти. Частка забруднених вод у загальній кіль-

кості скинутих у водні об'єкти в середньому по Україні досягає 20,3%.

**Висновки.** Отримані результати дозволяють зробити висновок про неефективність існуючої системи платежів за забруднення природного середовища і компенсації збитків, що потребує збільшення капітальних інвестицій на оснащення засобами захисту навколишнього середовища, підвищення штрафів за недотримання норм його забруднення. У роботі обґрунтовано, що за утворенням небезпечних відходів та забрудненням водних об'єктів Україна сьогодні знаходиться навіть не у критичному стані, а в стані екологічної катастрофи, наслідки якої вже неможливо компенсувати повністю. Тому впровадження дієвої системи суворих санкцій і постійний контроль забезпечать досягнення бажаних рівнів екологічної безпеки країни. У цьому контексті статистичне моделювання може бути використано для оцінки ризиків екологічної безпеки, а також для об'єктивного обґрунтування величини ризиків і їх відшкодування. Опрацювання альтернативних варіантів з використанням статистичних моделей є найбільш адекватним кроком у тактичних схемах управління ризиком у локальному і регіональному масштабах. Управління ризиками екологічної безпеки є необхідною умовою забезпечення сталого економічного розвитку України загалом.

Подальших досліджень потребують виявлення потенціалу підвищення екологічної безпеки України, визначення джерел достатнього інвестування заходів збалансованого розвитку країни, а також оцінка економічної ефективності таких заходів.

#### Список використаних джерел

1. Аналіз сталого розвитку – глобальний і регіональний контексти: моногр. / Міжнар. рада з науки (ICSU) [та ін.]; наук. кер. М. З. Згуровський. Київ: НТУУ «КПІ», 2010. Ч. 2. Україна в індикаторах сталого розвитку. 220 с.
2. Балацький О. Ф., Петрушенко М. М., Шевченко Г. М. Конфліктна складова системи соціоприродних зв'язків у економічній сфері взаємовідносин // Механізм регулювання економіки. 2012. № 2. С. 140–152.
3. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) / за наук. ред. М. І. Ромашенка, М. А. Хвесика, Ю. О. Михайлова. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН України, 2015. 46 с. URL: [http://iwvim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11\\_03\\_2015.pdf](http://iwvim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf)
4. Впровадження в Україні європейської ієрархії управління побутовими відходами. Офіційний вебсайт Міністерства розвитку громад та територій України. 11.12.2018. URL: <http://www.minregion.gov.ua/napryamkidiyalnosti/zhkh/terretory/vprovadzhennya-v-ukrayini-yevropeyskoyi-iyerarhiyi-upravlinnya-pobutovimi-vidhodami/>
5. Данилов-Данильян В. И. Экологический вызов и устойчивое развитие. Москва: Прогресс-традиция, 2000. 416 с.
6. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>
7. Кучеренко В. Р., Карпов В. А., Карпов А. В. Економічний ризик та методи його вимірювання: навч. посіб. Одеса, 2011. 200 с. URL: [http://www.dut.edu.ua/uploads/1\\_1425\\_61559999.pdf](http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1425_61559999.pdf)
8. Навколишнє природне середовище / Економічна статистика / Статистична інформація. Офіційний вебсайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 27.03.2020).
9. Статистика: учеб. пособ. для иностранных студентов / А. З. Подгорный и др. Одесса: Атлант, 2012. 194 с.

10. Семенова К. Д. Обґрунтування господарських рішень та оцінювання ризиків: навч. посіб. Одеса, ОНЕУ, 2013. 194 с.
11. Хилько М. І. Екологізація політики. Київ: ВАДЕКС, 2014. 344 с.
12. Яценко Л. Д. Екологічний складник національної безпеки: основні показники та способи їх досягнення: аналіт. доповідь. Київ: НІСД, 2014. 52 с.

### References

1. Zghurovskiy, M. Z. (2010). *Analiz staloho rozvytku – hlobalnyi i rehionalnyi konteksty [Analysis of sustainable development – global and regional contexts]*. Kyiv: NTUU «KPI». Ukraina v indyikatorakh staloho rozvytku – Ukraine in the indicators of sustainable development [in Ukraine].
2. Balatskiy, O. F., Petrushenko, M. M., & Shevchenko, H. M. (2012). Konfliktna skladova systemy sotsiopryrodnykh zviyazkiv u ekonomichnii sferi vzaiemovidnosyn [Conflict component of the system of socio-natural relations in the economic sphere of relations]. *Mekhanizm rehuliuwannya ekonomiky – Mechanism of Economic Regulation*, 2, 140–152 [in Ukraine].
3. Romashchenko, M. I., Khvesyk, M. A., & Mykhailov, Yu. O. (2015). Vodna stratehiia Ukrainy na period do 2025 roku (naukovi osnovy) [Water strategy of Ukraine up to 2025 (scientific basis)]. *iwpim.com.ua*. Retrieved from [http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11\\_03\\_2015.pdf](http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf) [in Ukraine].
4. Vprovadzhennia v Ukraini yevropeiskoi iierarkhii upravlinnia pobutovymy vidkhodamy [Introduction of the European hierarchy of household waste management in Ukraine]. (2018). *www.minregion.gov.ua*. Retrieved from <http://www.minregion.gov.ua/napryamkidiyalnosti/zhkh/terretory/vprovadzhennya-v-ukrayini-yevropeyskoyi-iyerarhiyi-upravlinnya-pobutovimi-vidhodami/> [in Ukraine].
5. Danylov-Danylian, V. Y. (2000). *Ekolohicheskiiy vyzov i ustoichivoe razvitie [Environmental challenge and sustainable development]*. Moscow: Prohress-tradytsiya [in Russian].
6. Pro Osnovni zasady (stratehiiu) derzhavnoi ekolohichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku: Zakon Ukrainy vid 28.02.2019 No 2697-VIII [On the Basic Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine until 2030. Law of Ukraine as of February 28, 2019]. *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19> [in Ukraine].
7. Kucherenko, V. R., Karpov, V. A., & Karpov, A. V. (2011). *Ekonomichnyi ryzyk ta metody yoho vymiriuvannya [Economic risk and methods of its measurement]*. Odessa [in Ukraine].
8. Navkolyshnie pryrodne seredovyshche / Ekonomichna statystyka / Statystychna informatsiia. Ofitsiinyi vebsait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Environment / Economic Statistics / Statistical Information. Official website of the State Statistics Service of Ukraine]. *www.ukrstat.gov.ua*. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukraine].
9. Podhornyi, A. Z., Mylashko, O. H., Kyrsho, S. M., & Shylofost, N. M. (2012). *Statystyka [Statistics]*. Odessa: Atlant [in Ukraine].
10. Semenova, K. D. (2013). *Obhruntuvannya hospodarskykh rishen ta otsiniuvannya ryzykiv. [Substantiation of business decisions and risk assessment]*. Odessa: ONEU [in Ukraine].
11. Khylyk, M. I. (2014). *Ekolohizatsiia polityky [Environmental policy]*. Kyiv: VADEKS [in Ukraine].
12. Yatsenko, L. D. (2014). *Ekolohichniy skladnyk natsionalnoi bezpeky: osnovni pokaznyky ta sposoby yikh dosiahnennia [Environmental component of national security: main indicators and ways to achieve them]*. Kyiv: NISD [in Ukraine].

**O. S. Cherenkevych,**  
Postgraduate student,  
Vasyl' Stus Donetsk National University,  
E-mail: [cherenkevych92.92@gmail.com](mailto:cherenkevych92.92@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2319-0658>

## Statistical Modeling of the Ecological Risks as a Factor of the Ecological Safety

In modern conditions, the priority of Ukraine's national interests is to ensure environmentally safe living conditions of society, as well as the preservation and restoration of the natural environment, increasing requirements for environmental safety. The purpose of this article is the statistical modelling of environmental risks to determine the direction of justification of management decisions on environmental safety. This necessitates the implementation of the effective methods of environmental safety regulation, assessment and monitoring of environmental risk. The author clarifies the definition of environmental safety as a set of conditions and processes that provide all vital human needs and do not provide for the deterioration of the



future generations living conditions in terms of economic and environmental balance to achieve sustainable economic development. As an object of statistical research, environmental safety is a component of national security, which reflects the quantitative parameters of the environmental pollution risks.

The environmental risks' modelling is performed by using trend models in the article. The difference between the real levels of air and water resources pollution, as well as the generation of hazardous waste of I-III classes and their theoretical values calculated by the model, assesses the pollution risk of the corresponding environmental resource. The specific cost of air pollution, water bodies, and hazardous waste is defined as the ratio of the amount of environmental payments of the last year to the amount of actual pollution of the same year, that is environmental payments per 1 unit of pollution. Further assessment of the risk cost is proposed to be defined as the product of the calculated deviations excess proportion and the specific cost of pollution by types. For Ukraine today the most acute problems are pollution of water resources, as well as the formation of hazardous waste, much lower than air pollution. The obtained results allow drawing a conclusion about the inefficiency of the current payment system for environmental pollution and compensation for damage, which requires an increase in capital investment in environmental equipment, increasing fines for non-compliance with pollution standards.

**Key words:** *environmental risks, environmental safety, statistical modeling, risk assessment, cost of environmental risk.*

Бібліографічний опис для цитування:

Черенкевич О. С. Статистичне моделювання екологічних ризиків як фактора екологічної безпеки. *Статистика України*. 2020. № 2–3. С. 59–67. Doi: 10.31767/su.2-3(89-90)2020.02-03.07.

Bibliographic description for quoting:

Cherenkevych, O. S. (2020). Statystychne modeliuвання ekolohichnykh ryzykiv yak faktora ekolohichnoi bezpeky [Statistical Modeling of the Ecological Risks as a Factor of the Ecological Safety]. *Statystyka Ukrainy – Statistics of Ukraine*, 2–3, 59–67. Doi: 10.31767/su.2-3(89-90)2020.02-03.07.