

УДК 657.1:502.131.1:330.15

DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2025.2.31>

JEL Classification: M41, Q56, Q01, O44

Семанюк В.З.,
д-р екон. наук, професор,
професор кафедри обліку і оподаткування,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7010-9923>,
Шпак В.Б.,
здобувач* третього рівня вищої освіти «доктор філософії»
за спеціальністю «Облік і оподаткування»,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3628-2137>,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІНСЬКОГО ОБЛІКУ ПІДПРИЄМСТВ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Semaniuk V.Z.,
dr.sc.(econ.), prof.,
professor at the department of accounting and taxation,
Shpak V.B.,
applicant for the third level education PhD degree
specialty "Accounting and Taxation",
West Ukrainian National University, Ternopil

MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS IN THE ACCOUNTING SYSTEM OF ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND THE CIRCULAR ECONOMY

Постановка проблеми. Постіндустріальний період розвитку суспільства ставить перед економікою питання екологічної безпеки, соціальної відповідальності та ефективного використання природних ресурсів. Розроблені концепції сталого розвитку та циркулярної економіки стають стратегічними орієнтирами для підприємств, що прагнуть забезпечити конкурентоспроможність і довгострокову стійкість. Водночас глобальні виклики, пов'язані зі зміною клімату, деградацією природних систем та накопиченням відходів виробництва, формують новий тип ризиків, які безпосередньо впливають на фінансові результати, репутацію та економічну стабільність підприємств.

Бухгалтерський облік, який традиційно орієнтований на фінансові показники, дедалі частіше розглядається як ключовий інструмент інформаційного забезпечення управління, в т.ч. управління ризиками. Формування в системі обліку інформації про екологічні витрати дає змогу не лише відображати витрати на охорону довкілля, а й оцінювати потенційні ризики, пов'язані з екологічними наслідками господарської діяльності. З урахуванням принципів циркулярної економіки, облікова система стає основою для прийняття стратегічних рішень, спрямованих на мінімізацію негативного впливу на довкілля та підвищення ресурсоефективності. В умовах європейської інтеграції України актуальним є формування методологічних підходів до управління екологічними ризиками в системі обліку відповідно до міжнародних стандартів сталого розвитку та нефінансової звітності (ESG, GRI, CSRD). Це вимагає переосмислення ролі облікових систем як інструментів стратегічного управління, що поєднують економічні, соціальні та екологічні цілі підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці приділяють увагу питанням екологічного обліку та контролінгу в контексті сталого використання ресурсів. Папінко В. досліджувала природоохоронні витрати та роль екологічного контролінгу у системі обліку підприємства, підкреслюючи, що ефективне управління природоохоронними витратами вимагає не лише фінансового відображення витрат, а й інтеграції екологічних показників у процес прийняття управлінських рішень, що створює основу для оцінки екологічних ризиків та планування ресурсоефективних заходів [1; 2].

* Науковий керівник: Крупка Я.Д. – д-р екон. наук, професор

Замула І. у монографії «Бухгалтерський облік екологічної діяльності у забезпеченні стійкого розвитку економіки» представила теорію та методологію бухгалтерського обліку екологічної діяльності з метою визначення економічних важелів, які б сприяли сталому розвитку підприємств. Вона пропонує концептуальні підходи до розкриття сутності екологічного обліку та його ролі в управлінні екологічними ризиками [3]. Гриценко О. розглядає передумови розвитку бухгалтерського обліку, орієнтованого на екологічні проблеми і визначає основні фактори формування екологічного обліку в сучасних умовах господарювання в контексті складання інтегрованої звітності [4].

Акцентує увагу на необхідності кардинальної зміни теорії обліку для відповідності сучасним викликам сталого розвитку Семанюк В., доводячи, що традиційні облікові моделі не дозволяють повною мірою враховувати екологічні та соціальні ризики, що зумовлює потребу у розробці нових підходів до обліку і контролю ресурсів [5]. Жураковська І. аналізує зміни в бухгалтерському обліку, податках та аудиті, пов'язані з вирішенням екологічних проблем і пропонує впровадження екологічного балансу для обліку природного капіталу та екосистемних послуг, що дозволяє підприємствам оцінювати екологічні ризики та розробляти стратегії для їх зменшення [6].

Глобальні принципи управлінського обліку в системі забезпечення ресурсного потенціалу підприємства, які підкреслюють роль управлінського обліку у прогнозуванні та контролі ресурсних потоків, а також у зменшенні екологічних ризиків через системне управління витратами і ресурсами досліджують Задорожний З. та ін., пропонуючи методичні підходи, які інтегрують принципи сталого розвитку та циркулярної економіки у внутрішньоорганізаційний облік, що дозволяє підприємствам ефективно оцінювати і управляти екологічними загрозами [7].

Дослідження українських вчених свідчать про зростаючу увагу до управління екологічними ризиками в контексті бухгалтерського обліку. Вони акцентують на необхідності інтеграції екологічних аспектів у облікові системи підприємств для забезпечення сталого розвитку та адаптації до сучасних викликів [8–10]. Гуренко Т. досліджує різноманітні ризики, зокрема екологічні, що виникають у процесі бухгалтерського обліку і подає методи зменшення цих ризиків, зокрема складання карт технологічних та інформаційних потоків в системі управління підприємством [11]. Корольок Т., Винник Т. довели відсутність ефективних механізмів управління ризиками в діяльності компаній та представили напрями, стратегії та заходи управління ризиками із зазначенням етапів, інструментів управління ризиками та довели визначальну роль бухгалтерських інструментів [12].

У міжнародній літературі значну увагу приділяють Environmental Management Accounting (EMA), циркулярній економіці та цифровізації облікових процесів як засобам управління екологічними ризиками. Аналізуючи критичну роль обліку у підтримці циркулярної економіки, Larrinaga, C., Garcia-Torea N. [13] стверджують, що традиційні фінансові системи не здатні ефективно відображати потоки ресурсів і відходів, що обмежує можливості прогнозування екологічних ризиків і прийняття стратегічних рішень. Gonçalves B., Carvalho F., Fiorini P. [14] та Di Vaio A., Hasan S., Palladino R., Hassan R. [15] підкреслюють значення нефінансової звітності, стандартів ESG та CSRD як механізмів управління екологічними ризиками. Використання нефінансової звітності дозволяє підприємствам відображати не тільки фінансові, а й екологічні та соціальні аспекти діяльності, що підвищує прозорість та сприяє прийняттю ефективних управлінських рішень.

Swalih M. M., Ram R., Tew E. [16] у своєму систематичному огляді розглядають EMA як стратегічний інструмент, що забезпечує підприємствам можливість оцінювати витрати на ресурси та екологічні ризики, інтегруючи ці показники у процес прийняття управлінських рішень. Aranda-Usón A., Scarpellini S., Moneva J. M. [17] пропонують концепції «circular accounting», де облік матеріальних та енергетичних потоків пов'язаний з управлінням екологічними ризиками. Такі підходи дозволяють підприємствам ефективніше застосовувати принципи циркулярної економіки та планувати ресурсоефективні стратегії. У цілому, зарубіжні дослідження демонструють, що інтеграція EMA, нефінансової звітності та цифрових технологій створює сучасну систему обліку, яка підтримує циркулярну економіку та сталий розвиток підприємств, однак потребує стандартизації та методологічної узгодженості.

Разом з тим, фрагментарно дослідженими є методики моніторингу оцінки екологічних ризиків у стратегічному управлінському обліку та процеси інтеграції даних із цифрових систем моніторингу в облікову систему.

Постановка завдання. Метою дослідження є обґрунтування теоретичних засад і розробка практичних підходів до інтеграції управління екологічними ризиками у систему стратегічного управлінського обліку підприємств у контексті сталого розвитку та циркулярної економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасний менеджмент підприємств у контексті сталого розвитку вимагає комплексного підходу до оцінки та управління екологічними ризиками. Одним із ефективних інструментів є інтеграція екологічних ризиків у систему управлінського та фінансового обліку через ризик-орієнтовану модель.

Ризикоорієнтований підхід передбачає, що облік екологічних аспектів здійснюється шляхом визначення і класифікації потенційних ризиків, їхніх джерел та впливу на діяльність підприємства.

Для ідентифікації екологічних загроз треба визначити основні джерела негативного впливу господарської діяльності на довкілля (кількість і тип відходів, можливість забруднення води та повітря,

рівень енергоспоживання, ресурсомісткість тощо, та класифікувати ймовірні ризики на три групи: стратегічні, операційні та фінансові.

Інформація про ризики може формуватися у підсистемі управлінського обліку шляхом формування окремих рахунків або аналітичних карток для контролю та моніторингу можливих екологічних витрат. Така модель дозволяє системно формувати інформацію, необхідну для стратегічного управління підприємством, і створює основу для оцінки впливу екологічних ризиків на фінансові результати.

Класифікація витрат є важливим етапом формування системи управлінської звітності і такі витрати можна трактувати в залежності від типу та масштабу впливу господарської діяльності на довкілля, а саме витрати на утилізацію відходів, очищення стічних вод, модернізацію обладнання для зменшення викидів [18; 19].

Важливим показником є рівень втрат від екологічних ризиків, як оцінка потенційних штрафів, витрат на ліквідацію наслідків аварій та збитків від простоїв виробництва, репутаційні і маркетингові втрати тощо.

Використання таких показників дозволяє підприємству кількісно оцінювати вплив екологічних ризиків на прибуток і капітал, а також планувати ефективні заходи щодо їх мінімізації.

Модель формування інформації про ймовірні екологічні ризики в підсистемі стратегічного обліку включає такі етапи:

1. Розробка індивідуально орієнтованої архітектури створення інформації через систему постійного або точкового моніторингу даних за допомогою датчиків IoT (вимірювання витрат води, енергії, викидів, маси/об'єму відходів); ERP/MES (вхідні матеріали, виробничі операції, запаси); LCA-сервісів (життєвий цикл; агреговані екологічні показники); зовнішніх баз даних (прайси утилізації, нормативи, тарифні ставки, штрафи).

На аналітичному рівні великі корпорації, які мають значний вплив на довкілля і високу ймовірність екологічних ризиків, формують дата-сети для OLAP-аналізу в системі стратегічного обліку та управлінські звіти з розрахунком risk-метрик і LCA-агрегацій.

2. Механізми передачі та перетворення даних в реальному часі або умовно-реальному часі (near-real time, коли встановлюється чітка періодика замірів) для контролю «вузьких місць», аварійних витрат, миттєвих витрат на енергію тощо, з використанням такої схеми:

датчику → *MQTT/REST* → *Data Lake* → *stream processing* → *KPI*

В цьому випадку відбувається пакетна інтеграція (щодня / щотижня) ERP даних з ETL системою і формуються зведені таблиці по ресурсах, витратах і відходах. Для цього, кожен датчик / технологічна операція повинні мати такі метадані: код потоку (матеріал/відходи), одиниця виміру, коефіцієнт перерахунку у фінансову величину (грн/т, грн/м³, грн/кВт·год), що дозволить автоматично формувати інформацію в обліку.

Аналітичні картки ресурсного потоку можна формувати для кожного ресурсу/відходу через облік обсягів (фізичні одиниці), собівартість, екологічні коефіцієнти, ризикові бали з відповідною аналітикою.

Модель обліку потоків ресурсів і відходів з кількісними показниками ризику включає такі логічні блоки:

1. Ідентифікація потоків. Формується каталог потоків $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ (вода, енергія, добрива, тверді відходи, хімічні рідини тощо).

2. Фізичні вимірювання за допомогою відповідних датчиків. Для кожного r_i збираються дані обсягу $V_{i,t}$ (за період t).

3. Трансформація отриманих даних. Формуються відповідні коефіцієнти перерахунку:

c_i^{fin} - фінансова вартість одиниці продукту i (грн за одиницю);

c_i^{LCA} - питомий екологічний вплив одиниці продукту i за методом життєвого циклу (Life Cycle Assessment, LCA) (наприклад, в CO₂-еквівалентах на одиницю);

c_i^{hazard} - індекс небезпеки продукту i (числовий показник потенційної шкідливості для здоров'я людей або навколишнього середовища).

Таким чином, можна розраховувати кілька видів впливу для кожного продукту або процесу, що дозволяє оцінювати продукт чи процес одночасно з фінансової, екологічної та безпекової точок зору:

1. Фінансовий: $Cost_{i,t} = V_{i,t} \times c_i^{fin}$

2. Екологічний: $E_{i,t} = V_{i,t} \times c_i^{LCA}$

3. Безпеки: $H_{i,t} = V_{i,t} \times c_i^{hazard}$

4. На основі екологічного показника життєвого циклу $E_{i,t}$ визначаємо $IMP_{i,t}$ – нормовану величину інтенсивності впливу потоку i у момент часу t , яка використовується для комбінування екологічного впливу з ймовірністю інциденту та фінансовими втратами.

На основі цієї інформації розраховується ризиковий індекс потоку за формулою (1):

$$RISK_{i,t} = w_1 \times P_i + w_2 \times IMP_{i,t} + w_3 \times COST_{i,t} + w_4 \times H_{i,t} \quad (1)$$

де P_i – ймовірність настання екологічного інциденту, що може бути історичною або прогнозою, значення від 0 до 1;

$IMP_{i,t}$ – нормована інтенсивність екологічного впливу, що базується на показнику життєвого циклу ($IMP_{i,t} = \frac{E_{i,t} - E_{min}}{E_{max} - E_{min}}$);

$COST_{i,t}$ – нормовані очікувані фінансові втрати (грн), пов'язані з потенційним екологічним інцидентом;

$N_{i,t}$ – показник загальної небезпеки потоку;

w_1, w_2, w_3 – коефіцієнти ваг (weights) у формулі ризикового індексу нормовані, вони визначають, яку частку загального ризику кожен компонент вносить. Їхня сума рівна 1, щоб індекс ризику був збалансованим і нормованим, тобто результат не виходив за межі розумного діапазону, а також щоб можна було легко порівнювати внесок кожного чинника у загальний ризик.

Таким чином, формула дозволяє комбінувати різні аспекти ризику в єдиний показник, враховуючи їхню відносну важливість.

Також розраховується загальний (агрегований) екологічний ризик підприємства, як сума ризиків усіх окремих потоків (процесів, продуктів) i , з урахуванням їх стратегічної важливості за формулою (2):

$$RISK_{tot,t} = \sum_i a_i \times RISK_{i,t}, \quad (2)$$

де, $RISK_{i,t}$ – ризик окремого потоку i у момент часу t ;

a_i – вага потоку i , що відображає його стратегічну важливість для підприємства (наприклад, частка у виробництві, критичність для бізнесу, екологічний пріоритет тощо).

5. Розраховуються класи ризику на основі $RISK_{i,t}$: низький ($< 0,3$), середній ($0,3-0,6$), високий ($> 0,6$).

Порогові значення адаптуються під специфіку діяльності підприємства. Якщо $RISK_{i,t}$ перевищує поріг для середнього/високого ризику, то створюється управлінський запис і/або резерв у системі обліку.

З метою ефективного управління та он-лайн моніторингу показників доцільно розробити показники KPI і відображати їх на панелі моніторингу (Dashboard) через кількісні метрики ризику:

1. KPI ресурсної інтенсивності – кг/т продукції, кВт год/од. продукції;
2. KPI відходів – т/т продукції; % перероблених відходів;
3. KPI фінансового впливу – очікувані втрати на ризики (грн/міс.), витрати на санацію (грн/рік);
4. RISK-Score (за потоками) – числовий індекс 0 – 1, з гістограмою та трендом;
5. Time to Threshold – час до досягнення порогу (прогноз від датчиків);
6. LCA-індекс – CO_2 -екв на виріб; використовується для оцінки $IMP_{i,t}$.

Очевидно, що перелік та кількість таких показників формується на запит менеджменту та залежить від оцінки імовірності настання відповідного ризику.

Для практичної реалізації такого підходу в системі стратегічного обліку та фінансового менеджменту доцільно виконати певні кроки:

1. Провести аудит потоків та сформувати їх каталог, разом з інвентаризацією датчиків/джерел даних.

2. Налаштувати метадані через встановлення f_i^{in} , c_i^{LCA} , c_i^{hazard} для кожного потоку.

3. Інтегрувати IT шляхом налаштування налаштувати ETL, побудови Data Lake / Data Warehouse, інтегрувати з ERP.

4. Розробити методику оцінки ймовірності (статистична/експертна) та описати систему ризик-звітності і правила для створення резервів облікової політиці.

Під час розробки системи обліку ризиків доцільно враховувати не лише її функціональні можливості, а й вартість впровадження та підтримання, оскільки надмірні витрати можуть нівелювати очікуваний ефект від управлінських рішень, адже оцінка інформаційної ефективності облікової системи має ґрунтуватися на співвідношенні між витратами на її створення та потенційними втратами підприємства у разі відсутності такої системи [20].

Висновки з проведеного дослідження. Методика інтеграції екологічних ризиків у систему обліку дозволяє підприємству створити ризик-орієнтовану модель управління, оцінювати вплив екологічних факторів на фінансові результати та забезпечувати відповідність міжнародним стандартам ESG. Інтеграція цифрових моніторингових систем (IoT, ERP, LCA) в бухгалтерський і управлінський облік дозволяє оцифрувати екологічні ризики, встановити зв'язок між фізичними потоками ресурсів і фінансовими результатами, сформувати ризик-орієнтовані резерви, забезпечити відповідність вимогам ESG та Європейського зеленого курсу. Такий підхід сприяє ефективному управлінню ресурсами, мінімізації екологічних ризиків та сталому розвитку підприємств.

Література

1. Папінко В. 3. Природоохоронні витрати в системі бухгалтерського обліку. *Наука і молодь : матеріали міжнар. наук. конф. студентів та молодих учених "Політ-2002"* (м. Київ, 10–11 квіт. 2002 р.). Нац. авіац. ун-т. Київ, 2002. Вип. 5. С. 294-297.
2. Папінко В. 3. Екологічний контролінг. *Наука та наукознавство*. 2003. № 1. С. 27-34.

3. Замула І. В. Бухгалтерський облік екологічної діяльності у забезпеченні стійкого розвитку економіки : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2010. 440 с.
4. Гриценко О. І. Екологічний облік: визначення перспектив та основних засад упровадження. *Економіка і суспільство*. 2016. № 2. С. 678-683.
5. Семанюк В. З. Необхідність кардинальної зміни теорії обліку. *Облік і фінанси*. 2017. № 4(78). С. 75-80.
6. Жураковська І. В. Аналіз бухгалтерських підходів у вирішенні екологічних проблем. *Економічні науки. Серія: Облік і фінанси*. 2019. Вип. 16. С. 55-67.
7. Задорожний З., Муравський В., Семанюк В., Гуменна-Дерій М. Глобальні принципи управлінського обліку в системі забезпечення ресурсного потенціалу підприємства. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2022. № 3(44). С. 63-71. DOI: <http://doi.org/10.55643/fcaptp.3.44.2022.3765>.
8. Економічні ризики: фінансово-обліково-аналітичний аспекти : монографія / за ред. д.е.н., проф. З. В. Гуцайлюка. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 200 с.
9. Дерун І. А. Ідентифікація ризиків в системі бухгалтерського обліку підприємства. *Економічний часопис – XXI*. 2016. № 159(5-6). С. 97-100.
10. Гудзенко Н. М., Гавриш Н. Л. Особливості визнання та оцінки ризику для його відображення в обліку. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2019. Випуск 35. С. 101-105.
11. Hurenko T. Risks of Accounting and Their Influence on Management Decisions. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. Серія «Економіка і управління»*. Київ : ДУІТ, 2021. Вип. 50. DOI: <http://doi.org/10.32703/2664-2964-2021-50>.
12. Королюк Т., Винник Т. Наукові погляди щодо ролі бухгалтерського обліку в управлінні ризиками. *Галицький економічний вісник*. Тернопіль : ТНТУ, 2019. Том 57. № 2. С. 142-152.
13. Larrinaga C., Garcia-Torea N. An ecological critique of accounting: The circular economy and COVID-19. *Critical Perspectives on Accounting*. 2022. Volume 82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpa.2021.102320>.
14. Gonçalves B., Carvalho F., Fiorini P. Circular Economy and Financial Aspects: A Systematic Review of the Literature. *Sustainability*. 2022. 3023. Volume 14. Issue 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14053023>.
15. Di Vaio A., Hasan S., Palladino R., Hassan R. The transition towards circular economy and waste within accounting and accountability models: a systematic literature review and conceptual framework. *Environment, Development and Sustainability*. 2023. Vol. 25. P. 734-810. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02078-5>.
16. Swalih M. M., Ram R., Tew E. Environmental management accounting for strategic decision-making: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*. 2024. Volume 33. Issue 7. P. 6335-6367. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.3828>.
17. Aranda-Usón A., Scarpellini S., Moneva J. M. Dynamic capabilities for a "circular accounting" and material flows in a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*. 2024. Volume 209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107756>.
18. Папінко В. З. Облік і аналіз природоохоронної діяльності підприємств хімічної промисловості України : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.06.04. Тернопіль, 2004. 20 с.
19. Vysochan Oleh, Hyk Vasyl, Vysochan Olha, Yasinska Alla. Accounting in the Context of a Circular Economy for Sustainable Development: A Systematic Network Study. *Journal of Sustainability Research*. 2024. 6. e240006. DOI: <https://doi.org/10.20900/jsr20240005>.
20. Semaniuk V., Shpak V., Papinko A. Estimation of the Information Efficiency of the Accounting System. *11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)* (Deggendorf, Germany, 15-17 September 2021). 2021. P. 437-440. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACIT52158.2021.9548557>

References

1. Papinko, V.Z. (2002), "Environmental expenditures in the accounting system", *Nauka i molod : materials of the international scientific conference of students and young scientists "Flight-2002"* (Kyiv, April 10–11, 2002), National Aviation University, 2002, Issue 5, pp. 294-297.
2. Papinko, V.Z. (2003), "Environmental controlling", *Nauka ta naukoznavstvo*, no. 1, pp. 27-34.
3. Zamula, I.V. (2010), *Bukhhalterskyi oblik ekolohichnoi diialnosti u zabezpechenni stiikoho rozvytku ekonomiky* [Accounting of environmental activities in ensuring sustainable economic development], monograph, ZhDTU, Zhytomyr, Ukraine, 440 p.
4. Hrytsenko, O.I. (2016), "Environmental accounting: defining prospects and key principles of implementation", *Ekonomika i suspilstvo*, no. 2, pp. 678–683.
5. Semaniuk, V.Z. (2017), "The necessity of a radical change in accounting theory", *Oblik i finansy*, no. 4(78), pp. 75–80.

6. Zhurakovska, I.V. (2019), "Analysis of accounting approaches in solving environmental problems", *Ekonomichni nauky. Seriia: Oblik i finansy*, Issue 16, pp. 55–67.
7. Zadorozhnyi, Z., Muravskiy, V., Semaniuk, V. and Humenna-Derii, M. (2022), "Global principles of management accounting in the system of ensuring enterprise resource potential", *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, no. 3(44), pp. 63–71, DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.44.2022.3765>
8. Hutsailiuk, Z.V. (2011), *Ekonomichni ryzyky: finansovo-oblikovo-analitychnyi aspekty* [Economic risks: financial-accounting-analytical aspects], monograph, TNTU im. I. Puliuia. Ternopil, Ukraine, 200 p.
9. Derun, I.A. (2016), "Risk identification in the enterprise accounting system", *Ekonomichnyi chasopys – XXI*, no. 159(5–6), pp. 97–100.
10. Hudzenko, N.M. and Havrysh, N.L. (2019), "Features of recognition and assessment of risk for its reflection in accounting", *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu*, Issue 35, pp. 101–105.
11. Hurenko, T. (2021), "Risks of accounting and their influence on management decisions", *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho universytetu infrastruktury ta tekhnolohii: Seriia "Ekonomika i upravlinnia"*, Issue 50, DOI: <https://doi.org/10.32703/2664-2964-2021-50>
12. Koroliuk, T. and Vynnyk, T. (2019), "Scientific views on the role of accounting in risk management", *Halytskyi ekonomichnyi visnyk*, Vol. 57, no. 2, pp. 142–152.
13. Larrinaga, C. and Garcia-Torea, N. (2022), "An ecological critique of accounting: The circular economy and COVID-19", *Critical Perspectives on Accounting*, Vol. 82, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpa.2021.102320>.
14. Gonçalves, B.d.S.M., Carvalho, F.L.d. and Fiorini, P.d.C. (2022), "Circular Economy and Financial Aspects: A Systematic Review of the Literature", *Sustainability*, Volume 14, Issue 5, 3023, DOI: <https://doi.org/10.3390/su14053023>
15. Di Vaio, A. et al. (2023), The transition towards circular economy and waste within accounting and accountability models: a systematic literature review and conceptual framework. *Environment, Development and Sustainability*, Vol. 25(1), 734–810. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02078-5>
16. Swalih, M.M., Ram, R. and Tew, E. (2024), "Environmental management accounting for strategic decision-making: A systematic literature review", *Business Strategy and Environment*, Volume 33, Issue 7, pp. 6335–6367. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.3828>
17. Aranda-Usón, A., Scarpellini, S. and Moneva, J.M. (2024), "Dynamic capabilities for a "circular accounting" and material flows in a circular economy", *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 209, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107756>.
18. Papinko, V.Z. (2004), "Accounting and analysis of environmental activities of chemical industry enterprises of Ukraine", PhD thesis abstract, 08.06.04, Ternopil, Ukraine, 20 p.
19. Vysochan, O., Hyk, V., Vysochan, O. and Yasinska, A. (2024), "Accounting in the Context of a Circular Economy for Sustainable Development: A Systematic Network Study", *Journal of Sustainability Research*. 6. e240006. DOI: <https://doi.org/10.20900/jsr20240005>.
20. Semaniuk, V., Shpak, V. and Papinko, A. (2021), Estimation of the Information Efficiency of the Accounting System. *2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Deggendorf, Germany, pp. 437–440, DOI: <https://doi.org/10.1109/ACIT52158.2021.9548557>

Семанюк В.З., Шпак В.Б.

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІНСЬКОГО ОБЛІКУ ПІДПРИЄМСТВ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Мета. Обґрунтування теоретичних засад і розробка практичних підходів до інтеграції управління екологічними ризиками у систему стратегічного обліку підприємств у контексті сталого розвитку та циркулярної економіки.

Методика дослідження. У дослідженні використано системний підхід для комплексного розгляду управлінського обліку як інтегрованої системи управління екологічними ризиками. Застосовано методи порівняльного аналізу та синтезу для узагальнення теоретичних засад сталого розвитку, циркулярної економіки та існуючих облікових моделей (ЕМА, circular accounting). Для кількісної оцінки екологічних ризиків запропоновано алгоритм їх ідентифікації, класифікації та розрахунку ризикових індексів на основі ризик-орієнтованого обліку та інтегрованих цифрових даних (ERP, IoT, LCA). Метод економіко-математичного моделювання використано для формалізації розрахунку індивідуальних та агрегованих ризикових показників.

Результати дослідження. У статті розроблено ризик-орієнтовану модель обліку екологічних ризиків, яка передбачає ідентифікацію джерел екологічних загроз, їх поділ на стратегічні, операційні та фінансові, а також кількісну оцінку їх впливу на результати діяльності підприємства. Запропоновано формалізовані методи розрахунку індивідуальних і агрегованих ризикових показників на основі інтегрованих даних з цифрових систем моніторингу. Визначено підхід до формування системи управлінських звітів, які відображають ризикові метрики, зокрема KPI ресурсної інтенсивності, фінансових втрат, відходів і ризикових індексів потоків. Визначено, що впровадження такої системи

дає змогу створити інтегровану базу для стратегічного управління екологічними ризиками, оцінювати їхній вплив на підприємство, а також формувати резерви на покриття можливих втрат. Обґрунтовано необхідність побудови інформаційно-аналітичної архітектури на основі сучасних технологій оброблення даних, що забезпечує формування risk-метрик у реальному часі та підвищує точність управлінських рішень.

Наукова новизна результатів дослідження. Удосконалено теоретико-методологічні засади стратегічного обліку шляхом інтеграції ризик-орієнтованої моделі управління екологічними ризиками. Запропоновано формалізований підхід до розрахунку агрегованого екологічного ризику підприємства та систему показників KPI для моніторингу ризиків у реальному часі.

Практична значущість результатів дослідження. Розроблена методика може бути використана підприємствами для побудови системи стратегічного обліку, що забезпечує цифровізацію управління екологічними ризиками, підвищення ефективності використання ресурсів, формування ESG-звітності та відповідність вимогам Європейського зеленого курсу.

Ключові слова: стратегічний облік, управлінський облік, екологічні ризики, циркулярна економіка, ESG, цифровий моніторинг, ризик-орієнтована система.

Semaniuk V.Z., Shpak V.B.

MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS IN THE ACCOUNTING SYSTEM OF ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND THE CIRCULAR ECONOMY

Purpose. The aim of the article is to substantiate the theoretical foundations and develop practical approaches to integrating environmental risk management into the strategic accounting system of enterprises in the context of sustainable development and the circular economy. of theoretical foundations and the development of practical approaches to integrating environmental risk management into the strategic accounting system of enterprises in the context of sustainable development and the circular economy.

Methodology of research. The research applies a systematic approach for the comprehensive consideration of management accounting as an integrated system for environmental risk management. Methods of comparative analysis and synthesis were applied to generalize the theoretical foundations of sustainable development, the circular economy, and existing accounting models (EMA, circular accounting). For the quantitative assessment of environmental risks, an algorithm for their identification, classification, and calculation of risk indices is proposed based on risk-oriented accounting and integrated digital data. The method of economic and mathematical modeling was utilized to formalize the calculation of individual and aggregated risk indicators.

Findings. The article develops a risk-oriented model of environmental risk accounting that involves identifying the sources of environmental threats, classifying them into strategic, operational, and financial categories, and quantitatively assessing their impact on enterprise performance. Formalized methods for calculating individual and aggregated risk indicators based on integrated data from digital monitoring systems (ERP, IoT, LCA) are proposed. A framework for management reporting that reflects risk metrics, including KPIs of resource intensity, financial losses, waste, and risk flow indices, has been established. It is determined that the implementation of such a system enables the creation of an integrated base for strategic environmental risk management, assessment of their impact on the enterprise, and the formation of reserves to cover potential losses. The need to build an information and analytical architecture based on modern data processing technologies (ETL, Data Lake, OLAP) is substantiated, ensuring real-time formation of risk metrics and improving the accuracy of management decisions.

Originality. The theoretical and methodological foundations of strategic accounting have been improved through the integration of a risk-oriented model of environmental risk management. A formalized approach to calculating the aggregated environmental risk of an enterprise and a system of KPI indicators for real-time risk monitoring are proposed.

Practical value. The developed methodology can be used by enterprises to build a strategic accounting system that ensures the digitalization of environmental risk management, improves resource efficiency, enables ESG reporting, and ensures compliance with the requirements of the European Green Deal.

Key words: strategic accounting, management accounting, environmental risks, circular economy, ESG, digital monitoring, risk-oriented system.

Дата надходження рукопису: 30.04.2025

Дата прийняття рукопису до друку: 26.05.2025

Дата публікації: 30.06.2025

