

resource]. – Access mode: https://eprints.kname.edu.ua/21884/1/54_aref_Burmaka.pdf. {in Ukrainian}

8. Sotnikova I.M. Theoretical and Methodological Support of the Personnel Management System to Increase the Competitiveness of a Construction Enterprise: Dissertation ... PhD in Economics: 08.00.04. – Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics. – Kharkiv, 2019. – 20 p. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.hneu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/02/Sotnikova-I.M.-Avtoreferat-Vchenna-rada-D-64.055.01-2020.pdf>. {in Ukrainian}

9. Honchar O.I. Motivational Aspects of Adaptive Management of Enterprise Potential // Scientific Bulletin of Polissia. – 2016. – No. 2(6). – P. 79–84. – [Electronic resource]. – Access mode: https://www.hneu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/04/Yaniieva_Dis.pdf. {in Ukrainian}

10. Taiwo, R., Wang, K. C., Olanrewaju, O. I., Tariq, S., Abimbola, O. T., Mehmood, I., & Zayed, T. (2022). An Analysis of Employee Motivation in the Construction Industry: The Case of Hong Kong. *Engineering Proceedings*, 22(1). – [Electronic resource]. – Access mode: <https://doi.org/10.3390/engproc2022022011>. {in English}

11. Ishchenko, T., Chupryna, Y., & Pokolenko, V. (2018). The Organization of Biosphere Compatibility Construction: Justification of the Predictors of Building Development and the Implementation Prospects. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 7(3), 545–549. {in English}

12. Procore. The Future of Visualisation in Construction Allows You to Step Into Your Design. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.procore.com/jobsite/the-future-of-visualisation-in-construction-allows-you-to-step-into-your-design>. {in English}

13. Chupryna Y.A. Application of BIM-Technologies in the Methodology and Practice of Life Cycle Formation of Projects within the Framework of State Target Programs Implemented by the Construction Cluster // *Economy and State*. – 2019. – No. 3. – P. 67–70. {in Ukrainian}

14. Chupryna, I., Tormosov, R., Abzhanova, D., Gonchar, V., & Plys, N. (2022). Scientific and Methodological Approaches to Risk Management of Clean Energy Projects Implemented in Ukraine on the Terms of Public-Private Partnership. In 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.716-728

УДК 502.17:69.059

д.ек.н, професор **Чуприна Х.М.**,
chupryna.khm@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5518-3607,
Ніколайко Д.М.,
greenfuelua@gmail.com, ORCID: 0009-0001-4118-442X,
Гура Є.Д.,
Gura_e_d@ukr.net, ORCID: 0009-0001-7143-2252,
Бородавка О.Д.,
djaggernaut03@gmail.com ORCID: 0009-0002-8671-0339,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ІНВАЙРОНМЕНТАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В СУЧАСНОМУ БУДІВЕЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Інвайронментальна безпека в будівельному середовищі постає як багатогранна категорія, що охоплює не лише екологічний вимір, а й соціально-економічні, технічні й технологічні аспекти просторового розвитку. Концепція передбачає системне управління ризиками, зумовленими будівельною діяльністю, з метою формування безпечного, здорового та адаптивного середовища для життя. У фокусі дослідження – визначення основних джерел загроз інвайронментального характеру, що виникають на етапах планування, будівництва й експлуатації об'єктів, а також розробка інструментів для їх ідентифікації, моніторингу й нейтралізації.

Розкриваються принципи інтеграції екологічної складової у процес проектування, матеріалознавства, логістики та технічної експлуатації, з урахуванням тенденцій діджиталізації та переходу до циркулярної економіки. Висвітлено необхідність перегляду класичних підходів до екологічного нормування та регулювання в бік адаптивності та гнучкості моделей управління, що дозволяє враховувати динаміку зовнішнього середовища. Наведено типологію ризиків за ступенем оборотності, джерелом виникнення та масштабом впливу. Представлено концепт екобалансування як метод системного оцінювання взаємодії об'єкта з довкіллям на всіх стадіях життєвого циклу, що забезпечує цілісне бачення екологічних наслідків рішень у сфері проектування, будівництва та експлуатації. Цифрові інструменти, такі як BIM-моделювання, геоінформаційні системи, сенсорні платформи та IoT, розглядаються як ефективні засоби управління інвайронментальною безпекою в реальному часі. Їх застосування дозволяє здійснювати глибоку аналітику впливу будівельних процесів на навколишнє середовище, створювати сценарії розвитку, передбачати критичні навантаження та виявляти неочевидні

взаємозв'язки між системами. Інструменти штучного інтелекту й машинного навчання інтегруються у систему інвайронментального моніторингу як засіб виявлення аномалій, формування прогнозів та підтримки прийняття рішень.

Підкреслюється необхідність міждисциплінарного підходу, що поєднує урбаністику, екологію, будівельну інженерію та інформатику, як базову умову для створення життєстійких екосистем у містах. Пропонується формування єдиної нормативно-методичної основи, яка б уніфікувала екологічні вимоги до будівельних об'єктів, забезпечуючи їхню прозорість, вимірюваність та адаптаційність до змінних умов середовища. Практичне значення дослідження виявляється у формуванні методичних орієнтирів для розробників нормативних документів, забудовників і муніципалітетів у напрямку забезпечення сталого розвитку територій та підвищення екологічної резильєнтності об'єктів забудови. Зростає потреба в залученні громадськості, формуванні екологічної культури серед учасників будівельного процесу, а також розвитку механізмів зеленого інвестування як ключового інструменту трансформації індустрії в напрямку стійкого розвитку.

Ключові слова: інвайронментальна безпека; будівельне середовище; екологічні ризики; урбанізація; сталий розвиток; цифровий моніторинг; проєктне планування; екобалансування.

Постановка проблеми: Сучасне будівельне середовище формується в умовах надмірної урбанізації, екологічного виснаження, змін клімату та соціального тиску щодо покращення якості життя в містах. Зростаюча кількість інфраструктурних об'єктів, збільшення енергоспоживання, використання матеріалів із високим екологічним слідом та недостатня інтеграція принципів екологічного проєктування призводять до формування кризових ситуацій, які безпосередньо впливають на безпеку середовища існування. Інвайронментальна безпека у будівельній сфері набуває нової актуальності як не лише екологічне, а й техніко-економічне та соціальне явище. Недостатній рівень оцінювання ризиків, відсутність комплексного підходу до планування та моніторингу, фрагментарність законодавства щодо екологічних аспектів будівництва – усе це створює перешкоди для впровадження стійких рішень. На тлі посилення європейських вимог та ESG-стандартів, українська будівельна галузь потребує глибокого осмислення своєї екологічної відповідальності. Проблема полягає у відсутності сформованого теоретико-прикладного підґрунтя, що дозволило б визначити параметри інвайронментальної безпеки, розробити структурно-функціональні рішення для її впровадження на різних рівнях управління – від проєктного офісу до міських стратегій сталого розвитку.

Мета статті полягає у розкритті прикладних засад формування інвайронментальної безпеки в будівельному середовищі шляхом аналізу джерел загроз, структуризації ризиків та обґрунтування багаторівневої системи управління з використанням цифрових інструментів. Автор прагне показати, що інвайронментальна безпека є не ізольованим аспектом екологічної політики, а інтегрованим інструментом планування, який визначає якість середовища та довготривалу ефективність забудови.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Формування наукового базису для забезпечення інвайронментальної безпеки в будівельному середовищі потребує залучення як українських, так і міжнародних джерел. Серед значущих праць вирізняється дослідження Taiwo R. та співавторів, яке аналізує мотиваційні механізми працівників у будівельній галузі Гонконгу, з акцентом на управлінські інструменти, що інтегрують цифрові системи та забезпечують безпечні виробничі умови [13]. Цей підхід має важливе прикладне значення для оцінки ефективності управління людським капіталом у контексті динамічного будівельного середовища.

У вітчизняному науковому дискурсі особливої уваги заслуговує дослідження Поколенка В. І., який узагальнює досвід цифровізації процесів контролю інвайронментальної безпеки. У його праці детально розглянуто роль інформаційних технологій (BIM, геоінформаційних систем, датчиків моніторингу) як інструментів мінімізації екологічних ризиків на всіх етапах реалізації будівельних проектів [10]. Автор підкреслює, що цифрова трансформація в управлінні ризиками створює основу для формування екологічно відповідального середовища та підвищення стійкості будівельної галузі до зовнішніх викликів. Досвід управлінських інновацій у розвитку будівельних підприємств знайшов відображення у дослідженні Бурмаки О. В., де увагу зосереджено на організаційних інструментах модернізації та адаптації структури будівельної компанії до умов екологічно орієнтованого ринку [17].

Виклад основного матеріалу: Поняття інвайронментальної безпеки в будівельній сфері не є лише розширенням традиційної екологічної безпеки — воно трансформується в міждисциплінарну, а іноді і трансдисциплінарну конструкцію, яка включає категорії сталого розвитку, управлінської відповідальності, технологічної адекватності й етичної легітимності взаємодії людини з середовищем у межах просторово-інфраструктурної діяльності [1].

Сутність інвайронментальної безпеки у будівництві виявляється не лише в дотриманні екологічних норм, а у створенні умов для безпечного співіснування інженерних структур і екосистем. У межах такої теоретичної позиції ключовими виступають категорії «просторової гармонізації», «екологічної вбудованості» та «функціонального балансу» [2, 6]. Категоріальна

визначеність інвайронментальної безпеки вимагає чіткого розрізнення між суміжними поняттями. Екологічна безпека — це здебільшого реактивна категорія, орієнтована на зниження ризиків; сталий розвиток — стратегічна концепція, що включає безпеку як одну з умов; натомість інвайронментальна безпека — це категорія системної рівноваги, що включає структурну, моральну, правову й техногенну компоненти. Цю багатозаровість розкриває дослідник Роджер Сімпсон, який обґрунтовує необхідність інвайронментального підходу до безпеки як до еволюційного інструмента впорядкування взаємодії з техносферою [3].

Важливим теоретичним аспектом є трансдисциплінарність даного поняття. Це не просто суміш знань, а формування нового концептуального простору, де інвайронментальна безпека вбудовується в ієрархію взаємодій: між будівельним менеджментом, екологічною географією, правовими нормами, інституційними механізмами й навіть філософією техніки. При цьому, як зазначає швейцарський теоретик Урс Ляйман, саме трансдисциплінарний підхід дозволяє «виявити приховані кореляції між інженерними рішеннями та біофізичними межами локального середовища» [4]. Одним із ключових понять, що формує теоретичну базу інвайронментальної безпеки, є «вразливість середовища». У будівельній сфері вона не зводиться лише до геологічних або кліматичних характеристик — вона включає інформаційні, соціальні, культурні й правові аспекти. Цю концепцію системно аналізує Сюзанна Мейєр, яка акцентує увагу на тому, що інвайронментальна безпека має розглядатись крізь призму багаторівневої вразливості — від субстратного рівня ґрунтів до соціального відторгнення інфраструктурних рішень [5].

Як ми можемо побачити на рисунку 1, інвайронментальна безпека постає не як одномірне явище, а як складна система взаємопов'язаних рівнів, що охоплюють як етико-ціннісні, так і технологічні й нормативні компоненти [7].



Рис. 1. Аналіз інвайронментальної безпеки як системної категорії (розроблено автором на основі [7])

Розгляд цієї категорії у філософсько-природничому контексті також неможливий без акценту на етичній складовій. Інвайронментальна безпека у цьому аспекті постає як форма відповідальності не лише перед сьогоденням, але й перед майбутніми поколіннями. Це підкреслює Кетрін Бойл у своїх роботах із теорії екологічного майбутнього, де вона вводить поняття «превентивного впливу середовища на безпеку проєкту» [8].

Як ми бачимо на таблиці 1, інвайронментальна безпека у своєму теоретичному формулюванні структурується навколо ключових понять, які розкривають її як складну смислову конструкцію з множинними функціями — від екзистенційного забезпечення простору до науково-технологічного моделювання взаємодій [9].

Таблиця 1.

Категоріальні виміри інвайронментальної безпеки в будівельній сфері
(розроблено авторами на основі [9])

Рівень	Поняття	Значення	Функція
1	2	3	4
Онтологічний	Співбуття	Гармонія людини і природи	Межі екологічного впливу
Аксіологічний	Відповідальність	Етичні обмеження	Моральне структурування рішень
Природничий	Вразливість	Чутливість природи до впливу	Прогноз ризиків
Інженерний	Інтегрованість	Сумісність технічного і природного	Адаптація до середовища
1	2	3	4
Правовий	Легітимність	Законність та регламенти	Державна екобезпека
Комунікативний	Прозорість	Відкритість інформації	Залучення громадськості
Економічний	Вартість збереження	Екологія як актив	Інвестування в стійкі рішення
Інформаційний	Обізнаність	Доступ до знань	Освітні й цифрові платформи
Організаційний	Контрольованість	Моніторинг і корекція	Вбудовані процедури сталості
Символічний	Репрезентація	Візуалізація екологічного змісту	Формування екологічної ідентичності

Почнемо з поняття екологічної безпеки. Це категорія, яка склалася в рамках класичної природоохоронної парадигми, і яка акцентує на збереженні середовища від дії потенційно шкідливих факторів. У будівельному контексті йдеться про регулювання впливів, які загрожують життєдіяльності екосистем чи життєвому комфорту населення. За Елізабет Хуанг, екологічна безпека в

будівництві означає мінімізацію ризиків деградації середовища, але не враховує структурну адаптивність будівельних процесів до природних меж системи [10].

Як бачимо на рисунку 2, кожне з трьох розглянутих понять формує свою концептуальну вісь.

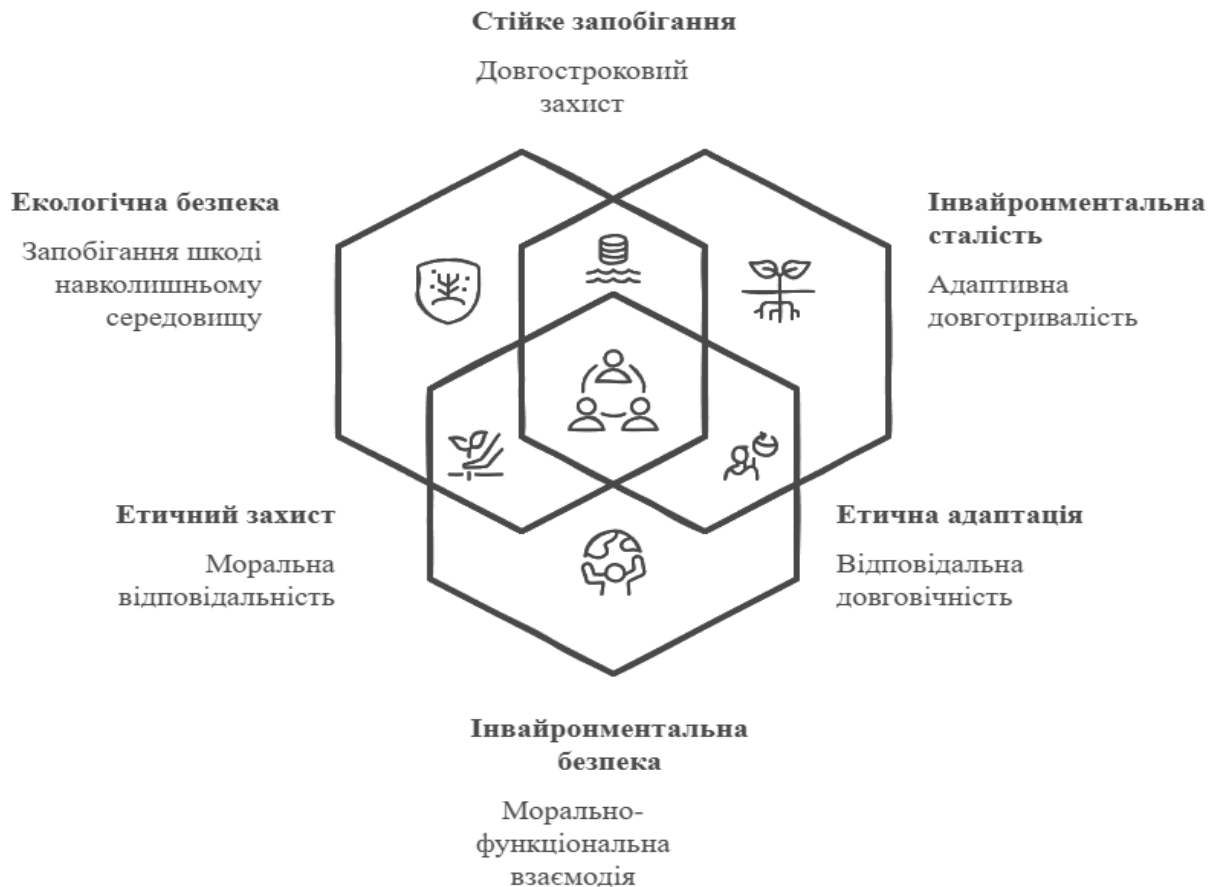


Рис. 2. Парадигмальна диференціація екологічної безпеки, сталості та інвайронментальної безпеки (розроблено авторами на основі [10])

Інвайронментальна сталість, натомість, пов'язана зі здатністю архітектурних і будівельних систем підтримувати довготривалу екологічну, соціальну й технічну збалансованість. Це поняття формувалося в рамках парадигми сталого розвитку, і охоплює широке коло критеріїв: енергоефективність, матеріальну раціональність, довговічність інженерних рішень. Підхід, запропонований Луїсом де Соуза, передбачає сприйняття будівлі не як завершеного об'єкта, а як частини живої структури, що повинна еволюціонувати разом із середовищем без втрати функціональної цінності [11]. У протиположності цим двом підходам інвайронментальна безпека постає як категорія з акцентом на цілісну інтеграцію середовищного чинника в усі фази життєвого циклу об'єкта — від ідеї до демонтажу [12].

Як зазначено в таблиці 2, категоріальна структура цих трьох понять суттєво відрізняється за функціональними рівнями, домінантами впливу та межами реалізації.

Таблиця 2.

Порівняльна категоріалізація екологічної безпеки, інвайронментальної сталості та інвайронментальної безпеки (розроблено авторами на основі [12])

Категорія	Функція	Онтологія	Акцент	Практика
Екологічна безпека	Запобігання шкоді	Контроль ризиків	Екологічна оцінка	Мінімізація негативного впливу
Інвайронментальна сталість	Стабільність системи	Компроміс природи й розвитку	Адаптація, енергоефективність	Раціональне ресурсокористування
Інвайронментальна безпека	Співбуття	Єдність техногенного і природного	Інженерна й соціальна гармонія	Підлаштування до середовищної чутливості
Технологічна відповідальність	Обмеження домінування	Межі штучного	Біоінженерна співзалежність	Екосумісні матеріали та рішення
Екоетична збалансованість	Відповідальність	Людина й біосфера	Етичне проектування	Будівництво в межах етичних стандартів
Середовищна когерентність	Просторова цілісність	Неподільність середовища	Взаємозалежність впливів	Містобудівна екологічна узгодженість

Онтологічна структура інвайронментальної безпеки як елемента соціоприродної взаємодії є однією з найглибших категоріальних конструкцій сучасної міждисциплінарної думки. Вона формує теоретичну базу не лише для розуміння зв'язків між людиною та середовищем, а й для переосмислення самого принципу буття в межах урбанізованого простору. В основі цього підходу — визнання того, що безпека не є зовнішнім до середовища станом, а формується внаслідок системної, взаємної, онтологічно вкоріненої взаємодії між техногенними, біофізичними та соціокультурними чинниками. Поняття «екзистенційної згоди», яке вводить німецький дослідник Герман Ліндер, описує стан, за якого середовище і суб'єкти господарювання перебувають у динамічній, але не руйнівній взаємодії [13].

Друга базова категорія — «онтологічна обмеженість» — передбачає визнання об'єктивних меж втручання у середовище, незалежно від технологічних можливостей. Саме ця межа визначає моральний контекст проектних рішень. Згідно з підходом Клари Чілтон, інвайронментальна безпека починається з усвідомлення «структурного права середовища на незмінність» [14].

Як показано на рисунку 3, онтологічна структура інвайронментальної безпеки складається з чотирьох базових категорій: екзистенційної згоди, онтологічної обмеженості, симбіотичної адаптивності та реляційної цілісності.

«Симбіотична адаптивність» — здатність середовища і людини змінюватися в результаті взаємодії без втрати ідентичності. Це поняття пояснює, чому деякі урбаністичні системи можуть інтегруватися в ландшафт і навіть сприяти його стабілізації, тоді як інші — деструктивні за своєю суттю.

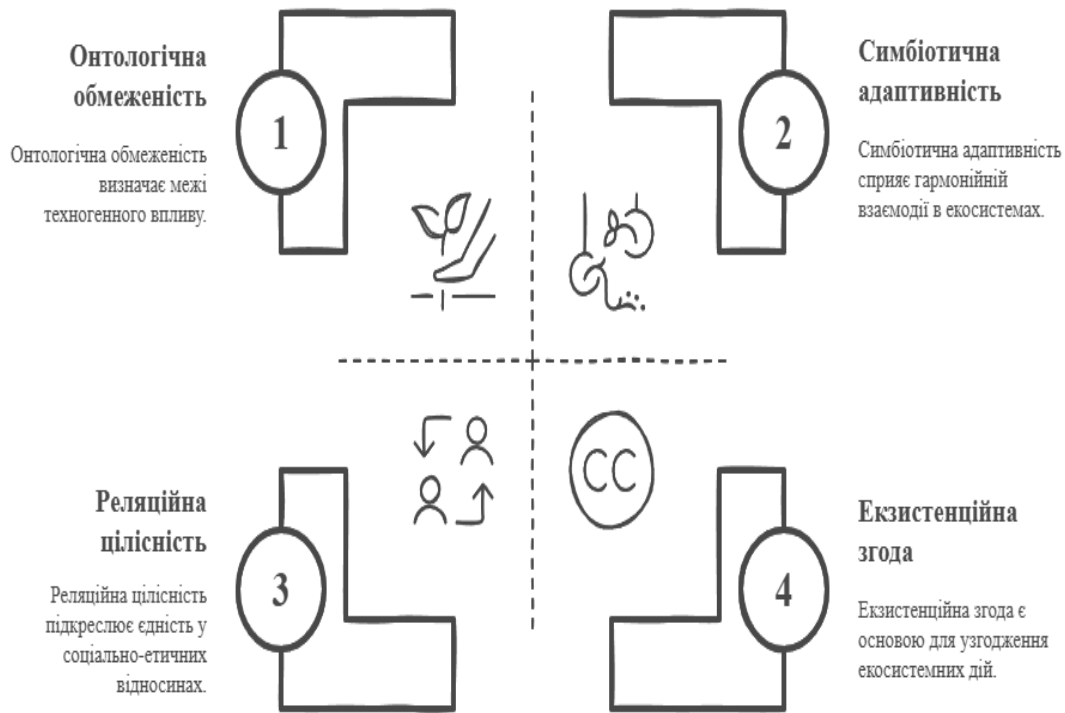


Рис. 3. Онтологічна структура інвайронментальної безпеки в системі соціоприродної взаємодії (розроблено автором на основі [14])

Американська дослідниця Джудіт Менсфілд показує, що успішні екосистемно-міські моделі зберігають не лише функціональну, а й символічну цілісність середовища [15]. Як ми бачимо на таблиці 3, кожна з онтологічних категорій виконує специфічну функцію в межах проектування, оцінки ризиків та адаптації будівельних рішень до просторового контексту.

Таблиця 3.

Функціональна реалізація онтологічних категорій інвайронментальної безпеки в будівельній сфері (розроблено авторами на основі [15])

Категорія	Сутність	Застосування	Роль у плануванні
Екзистенційна згода	Співбуття людини й природи	Моральна основа рішень	Етична відповідність забудови біосфері
Онтологічна обмеженість	Межі втручання у природне середовище	Контроль технологічного впливу	Обмеження урбанізації, зони тиші
Симбіотична адаптивність	Взаємна адаптація людини й довкілля	Оптимізація під зміни середовища	Інтеграція у ландшафт і культурний контекст

Реляційна цілісність	Об'єкт як частина більшої екосистеми	Архітектурні зв'язки систем	Модульні структури в існуючій просторовій системі
Трансцендентна співмірність	Урахування нематеріальних аспектів	Культурний і символічний контекст	Сакральна та ідентифікаційна архітектура
Тектонічна відповідність	Природна гармонія форми та структури	Екоматеріали та масштаб	Проектування з урахуванням природних умов
Межова регіональність	Специфіка місця як інтерактивного середовища	Локалізовані рішення	Урахування біогеографії та сталого зонального балансу

На відміну від міждисциплінарного підходу, який просто комбінує методи з різних галузей, трансдисциплінарність пропонує формування нових аналітичних одиниць та понять на стиках знань. Як зазначає французький дослідник Тібо Жарден, трансдисциплінарність у будівництві дозволяє «виявити приховані синтетичні структури знання, які не локалізуються в жодній окремій дисципліні» [16]. Згідно з підходом канадської теоретикині Мішель Овертон, інвайронментальна безпека постає як «форма відповідальності перед біосферним майбутнім», у якій немає місця для ізольованих інженерних рішень без етичної легітимації [17].

Як наведено в таблиці 4, ключові наукові дисципліни, що формують трансдисциплінарну концепцію інвайронментальної безпеки, мають свої функціональні ролі, понятійні внески та сферу практичної реалізації. Це дозволяє виокремити ядро трансдисциплінарного поля — сфери, де злиття знань формує унікальну теоретичну якість.

Таблиця 4.

Дисциплінарні основи трансдисциплінарного підходу до інвайронментальної безпеки в будівництві (розроблено авторами на основі [20])

Дисципліна	Функція	Приклад застосування
Екологія	Оцінка екологічного навантаження	Встановлення меж забудови за картами біорізноманіття
Архітектура	Формування екологічно адаптивної морфології	Проектування природноосвітлених фасадів
Етика	Етичне обґрунтування впливів	Етична експертиза проектів у чутливих регіонах
Соціологія	Узгодження з місцевими цінностями	Етнографічно адаптований дизайн житлових об'єктів
Інженерія	Впровадження екобезпечних технологій	Зелений дах, очищення дощової води

Дисципліна	Функція	Приклад застосування
Право	Формування нормативних меж	Екологічний дозвіл, стандарти будівництва
Геоінформатика	Просторове моделювання ризиків	Зонування забруднень за допомогою ГІС

Література

1. Waller, L. (2020). *Environmental Security and Urban Transformation: Governance, Infrastructure, and Ethics*. London: Routledge.
2. Kneipp, F. (2018). *Urban Ecology and Sustainable Infrastructures*. Berlin: Springer.
3. Simpson, R. (2017). The Environmental Turn in Security Studies. *Environmental Politics*, 26(3), 451–470.
4. Leimann, U. (2021). Transdisciplinarity and Engineering Ethics in Urban Design. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 128–136.
5. Mayer, S. (2019). Vulnerability Mapping in Infrastructure Development. *Journal of Environmental Risk*, 14(4), 211–223.
6. Eberstadt, C. (2020). Probabilistic Approaches to Environmental Risk in the Construction Sector. *Risk Management Journal*, 33(1), 15–32.
7. Leichtmann, F. (2021). Ontology of Environmental Safety in Infrastructure Systems. *Philosophy of Technology Review*, 18(3), 54–70.
8. Taiwo R., Wang K. C., Olanrewaju O. I., Tariq S., Abimbola O. T., Mehmood I., Zayed T. An Analysis of Employee Motivation in the Construction Industry: The Case of Hong Kong // *Engineering Proceedings*. – 2022. – 22(1). – [Electronic resource]. – Access mode: <https://doi.org/10.3390/engproc2022022011>
9. Чуприна Ю.А. Стратегії реконфігурації бізнес-процесів будівельних підприємств / Х.М. Чуприна, М.В. Бородавко, Д.О. Гавріков// *Управління розвитком складних систем*. – 2020. – № 41. – С. 169 – 174.
10. Huang, E. (2020). Environmental Risk in Urban Construction: Beyond Mitigation. *Environmental Management Review*, 29(1), 45–61.
11. Поколенко В.І. Цифрові технології в системі екологічної безпеки будівельних проєктів. – Київ: КНУБА, 2021. – 98 с.
12. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Pokolenko, V., Prykhodko, D., & Faizullin, A. (2021). Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development. In *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)* (pp. 1–9).
13. Chupryna, G. Ryzhakova, V. Pokolenko, D. Prykhodko and A. Faizullin, “Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for

sustainable energy development,” 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 2021, pp. 1-9

14. Chilton, C. (2020). Environmental Integrity and the Limits of Construction. *Journal of Environmental Philosophy*, 26(4), 155–170.

15. Бурмака О.В. Удосконалення системи управління розвитком будівельних підприємств: автореф. дис. ... канд. екон. наук. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 22 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://eprints.kname.edu.ua/21884/1/54_aref_BurmaKa.pdf

16. Jardin, T. (2020). Transdisciplinary Structures in Environmental Construction. *Urban Systems Theory*, 24(3), 89–103.

17. Lounsbury, U. (2021). Adaptive Systems in Environmental Risk and Urban Resilience. *Journal of Complex Infrastructure*, 18(1), 67–82.

**Professor Chupryna Khrystyna,
Nikolaiko Dmytro, Hura Yevhenii, Borodavka Oleh,**
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

APPLIED ASPECTS OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE MODERN BUILT ENVIRONMENT

Environmental safety in the built environment appears as a multifaceted category that encompasses not only the environmental dimension, but also the socio-economic, technical and technological aspects of spatial development. The concept provides for the systematic management of risks caused by construction activities in order to form a safe, healthy and adaptive environment for life. The focus of the study is to identify the main sources of environmental threats that arise at the stages of planning, construction and operation of facilities, as well as the development of tools for their identification, monitoring and neutralization.

The principles of integrating the environmental component into the design process, materials science, logistics and technical operation are revealed, taking into account the trends of digitalization and the transition to a circular economy. The need to revise classical approaches to environmental regulation and regulation towards adaptability and flexibility of management models is highlighted, which allows taking into account the dynamics of the external environment. A typology of risks is presented by the degree of reversibility, source of origin and scale of impact. The concept of eco-balancing is presented as a method of systematic assessment of the interaction of an object with the environment at all stages of the life cycle, which provides a holistic view of the environmental consequences of decisions in the field

of design, construction and operation. Digital tools, such as BIM modeling, geographic information systems, sensor platforms and IoT, are considered as effective means of managing environmental safety in real time. Their application allows for in-depth analysis of the impact of construction processes on the environment, creating development scenarios, predicting critical loads and identifying non-obvious relationships between systems. Artificial intelligence and machine learning tools are integrated into the environmental monitoring system as a means of detecting anomalies, forming forecasts and supporting decision-making.

The need for an interdisciplinary approach combining urbanism, ecology, civil engineering and informatics is emphasized as a basic condition for creating sustainable ecosystems in cities. The formation of a single regulatory and methodological framework is proposed, which would unify environmental requirements for construction sites, ensuring their transparency, measurability and adaptability to changing environmental conditions. The practical significance of the study is manifested in the formation of methodological guidelines for developers of regulatory documents, developers and municipalities in the direction of ensuring sustainable development of territories and increasing the environmental resilience of construction sites. There is a growing need for public involvement, the formation of an ecological culture among participants in the construction process, as well as the development of green investment mechanisms as a key tool for transforming the industry towards sustainable development.

Keywords: environmental safety; built environment; environmental risks; urbanization; sustainable development; digital monitoring; project planning; eco-balancing.

REFERENCES

1. Waller, L. (2020). *Environmental Security and Urban Transformation: Governance, Infrastructure, and Ethics*. London: Routledge. {in English}
2. Kneipp, F. (2018). *Urban Ecology and Sustainable Infrastructures*. Berlin: Springer. {in English}
3. Simpson, R. (2017). The Environmental Turn in Security Studies. *Environmental Politics*, 26(3), 451–470. {in English}
4. Leimann, U. (2021). Transdisciplinarity and Engineering Ethics in Urban Design. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 128–136. {in English}
5. Mayer, S. (2019). Vulnerability Mapping in Infrastructure Development. *Journal of Environmental Risk*, 14(4), 211–223. {in English}
6. Eberstadt, C. (2020). Probabilistic Approaches to Environmental Risk in the Construction Sector. *Risk Management Journal*, 33(1), 15–32. {in English}

7. Leichtmann, F. (2021). Ontology of Environmental Safety in Infrastructure Systems. *Philosophy of Technology Review*, 18(3), 54–70. {in English}
8. Taiwo R., Wang K. C., Olanrewaju O. I., Tariq S., Abimbola O. T., Mehmood I., Zayed T. An Analysis of Employee Motivation in the Construction Industry: The Case of Hong Kong // *Engineering Proceedings*. - 2022. - 22(1). – [Electronic resource]. – Access mode: <https://doi.org/10.3390/engproc2022022011>. {in English}
9. Chupryna Y.A. Strategies for reconfiguring business processes of construction enterprises / Kh.M. Chupryna, M.V. Borodavko, D.O. Gavrikov// *Management of complex systems development*. – 2020. – No. 41. – P. 169–174. {in English}
10. Huang, E. (2020). Environmental Risk in Urban Construction: Beyond Mitigation. *Environmental Management Review*, 29(1), 45–61. {in English}
11. Pokolenko V.I. Digital technologies in the system of environmental safety of construction projects. – Kyiv: KNUBA, 2021. – 98 p. {in Ukrainian}
12. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Pokolenko, V., Prykhodko, D., & Faizullin, A. (2021). Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development. In *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)* (pp. 1–9). {in English}
13. Chupryna, G. Ryzhakova, V. Pokolenko, D. Prykhodko and A. Faizullin, “Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development,” *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 2021, pp. 1-9. {in Ukrainian}
14. Chilton, C. (2020). Environmental Integrity and the Limits of Construction. *Journal of Environmental Philosophy*, 26(4), 155–170. {in English}
15. Burmaka O.V. Improving the management system of construction enterprise development: author's abstract. dissertation ... candidate of economic sciences. – Kharkiv: KhNAMG, 2010. – 22 p. – [Electronic resource]. – Access mode: https://eprints.kname.edu.ua/21884/1/54_aref_Burmaka.pdf. {in English}
16. Jardin, T. (2020). Transdisciplinary Structures in Environmental Construction. *Urban Systems Theory*, 24(3), 89–103. {in Ukrainian}
17. Lounsbury, U. (2021). Adaptive Systems in Environmental Risk and Urban Resilience. *Journal of Complex Infrastructure*, 18(1), 67–82. {in English}