

УДК 504.064.2

Artem Goncharenko, graduate student

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5647-1360> **e-mail:** hosting.pat@gmail.com

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

DETERMINATION OF CLIMATE RISKS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY AGAINST MILITARY ACTIONS

Abstract. *The post-war reconstruction of Ukraine requires the introduction of low-carbon technologies in the construction sector and adaptation measures to climate change, taking into account greenhouse gas emissions caused by military actions in Ukraine. In this study, based on existing domestic and global regulatory documents on determining climate risks, chains of influence on climate risk are presented within the framework of assessing climatic factors that affect the calculated energy consumption data of a building at the project stage in the winter and summer periods. Preliminary calculations of the dynamics of changes in energy consumption for heating in the winter period for the city of Kyiv showed a decrease in energy consumption in two winter months by almost 16%, starting from 1942 for a conventional panel house with a wall area of 200 m². While energy consumption for cooling in the hot period has been gradually increasing over the last decade. The forecast dynamics of the average monthly temperature according to the usual and wet bulb thermometer in July in 2050 is 26.371°C and 28.918°C, respectively. Modeling the dynamics of temperature increase for the city of Kyiv was carried out on the basis of climate databases: ECA&, Copernicus and the Central Geophysical Observatory named after B. Sreznevsky, as well as assessment reports on global climate change. The category of intermediate impacts included the impact of military actions on the urban environment and population, such as: an increase in the heat dome over the urbanized area, an increase in the heat index for public health, an increase in atmospheric air pollution. Possible adaptation measures should be taken depending on the specific reconstruction project throughout the life cycle of the facility, taking into account innovative low-carbon technologies, including the production of building materials. These studies may be promising in the future for finding ways to compensate for the mitigation of climate damage caused by Russia's military actions and neutralize this impact in modern buildings and structures.*

Keywords: *climate risk, greenhouse gas emissions, construction industry, military operations.*

А.В. Гончаренко

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ НА ФОНІ ВОЄННИХ ДІЙ

Анотація. *Післявоєнна відбудова України потребує впровадження низьковуглецевих технологій в будівельному секторі та адаптаційних заходів до змін клімату з врахуванням викидів парникових газів, що спричинено воєнними діями в Україні. В даному дослідженні на підставі існуючих вітчизняних та світових нормативних документів щодо визначення кліматичних ризиків представлено ланцюжки впливу на кліматичний ризик в рамках оцінювання кліматичних факторів, що впливають на розрахункові дані*

енергоспоживання будівлі на стадії проекту в зимовий та літній періоди. Попередні розрахунки динаміки змін споживання енергії на опалення в зимовий період для м. Києва засвідчили зниження споживання енергії за два зимові місяці майже на 16%, починаючи з 1942 року, для звичайного панельного будинку з площею стін 200 м². Тоді як енерговитрати на охолодження в спекотний період протягом останнього десятиліття поступово зростають. Прогнозна динаміка середньомісячної температури за звичайним та за вологим термометром у липні в 2050 році становить відповідно – 26,371°C і 28,918°C. Моделювання динаміки підвищення температурних показників для м. Києва здійснювалося на підставі кліматичних баз даних: ECA&, Copernicus та Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського, а також оціночних звітів щодо глобальних кліматичних змін. В категорію проміжних впливів було включено вплив воєнних дій на міське середовище і населення, таких як: збільшення теплового куполу над урбанізованою територією, зростання теплового індексу для здоров'я населення, збільшення забруднення атмосферного повітря. Можливі адаптаційні заходи мають прийматися в залежності від конкретного проекту відбудови протягом життєвого циклу об'єкта з врахуванням інноваційних низьковуглецевих технологій, в тому числі виробництва будівельних матеріалів. Дані дослідження можуть бути перспективними в подальшому для пошуку шляхів компенсації щодо пом'якшення кліматичної шкоди, завданої воєнними діями Росії, та нейтралізації цього впливу у сучасних будівлях та спорудах.

Ключові слова: кліматичний ризик, викиди парникових газів, будівельна галузь, воєнні дії.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.4.45-52>

Вступ

Визначення кліматичних ризиків для окремих галузей економіки останнім часом широко обговорюється в роботах вітчизняних та закордонних авторів, в тому числі як основа системи їх кліматичного обслуговування [1-4 та інш.]. Кліматичний ризик у контексті зміни клімату визначається як потенційні несприятливі наслідки для людини або екологічних систем, що включають наслідки для життя, засобів існування, здоров'я та добробуту, економічних, соціальних і культурних активів та інвестицій, інфраструктури, послуг (включаючи екосистемні послуги), екосистем і видів [1, 5-7]. На основі довгострокових світових моніторингових баз даних та оціночних звітів щодо глобальних кліматичних змін [8-10 та інш.] низкою світових та вітчизняних авторів розроблено концептуальні та прогнозні методики визначення кліматичних ризиків економік держав в найближчому майбутньому [11-16].

Ці методики знайшли своє застосування в Україні без врахування викидів парникових газів (ПГ) внаслідок проходження воєнних дій на території держави, що є значущі [17-20]. Так, в третьому проміжному оцінюванні, що було здійснено завдяки підтримці Європейського кліматичного фонду (ECF) та «Ініціативи з розвитку екологічної політики й адвокації в Україні» (EPAIU), зазначені викиди ПГ за 555 днів війни в сумі 150 млн тонн CO₂ екв., що становить більше, ніж річні викиди ПГ у такій високоіндустріальній європейській країні, як Бельгія [17]. Враховуючи середню "тіньову ціну" на викиди вуглецю у 64 дол. США/тонн CO₂ екв. за 2022–2023 рр., загальна шкода клімату, яку Російська Федерація завдала за 1000 днів війни, становитиме близько 17,3 млрд дол. США. Як відмічається в звіті ECF та EPAIU [17],

повоєнне відновлення пошкодженої та зруйнованої цивільної інфраструктури має стати найбільшим вуглецевим джерелом в державі. Тільки руйнування греблі у Новій Каховці, спричинена ним повінь нижче за течією та спорожнення водосховища заповдіяли загальний рівень шкоди в розмірі 54,7 млн тонн CO₂ екв., який продовжує зростати.

В будівельній галузі компенсація щодо пом'якшення кліматичної шкоди, завданої воєнними діями Росії, повинна бути націлена на зменшення майбутніх викидів від будівництва на всіх стадіях життєвого циклу, зокрема, які пов'язані із використанням цементу та сталі, отримання стимулів для низьковуглецевої відбудови, краще утеплення будівель і впровадження відновлюваних джерел енергії. Викиди від низьковуглецевої відбудови пошкоджених будівель та інфраструктури не можуть бути зведені до нуля, але їх можна суттєво мінімізувати за допомогою застосування сталих та низьковуглецевих технологій та матеріалів для відновлювальних робіт, що, в свою чергу, вимагає кількісного та якісного визначення кліматичних ризиків будівельної галузі.

Постановка проблеми. Існуючі методики та нормативні документи визначення кліматичних ризиків для різних галузей економіки відрізняються за своєю складністю і глибиною аналізу, переліком індикаторів, алгоритмами отримання кількісних оцінок та характеристиками систем, що оцінюються [11-16]. Завдяки своїй структурованості, відносній простоті та універсальності, методологія, що представлена Німецьким товариством міжнародного співробітництва (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH), вважається однією з кращих, розроблених на даний момент [21]. В Україні Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 03.06.2023 р. № 386 затверджено Методичні рекомендації для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімату [16]. Рекомендації розроблено на виконання другого пункту Операційного плану реалізації у 2022-2024 році Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2021 № 1363).

Трирівневий підхід до оцінки ризиків і вразливості до зміни клімату покладено в основу Методичних рекомендацій як такий, що оптимально використовує обмежені адаптаційні ресурси системи.

Метою даних досліджень є здійснення оцінки ризиків і вразливості до зміни клімату енергоефективності будівельного сектору на основі існуючих Методичних рекомендацій з врахуванням викидів ПГ, що спричинено воєнними діями в Україні.

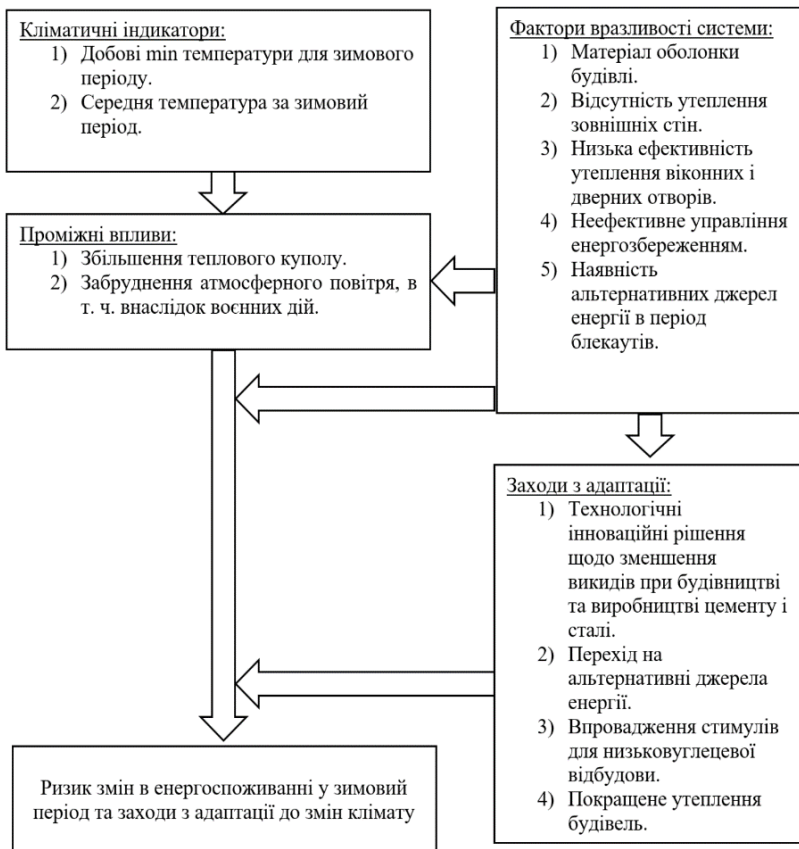
Для реалізації створення низьковуглецевого будівництва при післявоєнній відбудові держави, в даному дослідженні за допомогою кількісних змін в енергоспоживанні на 1 м² будівлі для холодного та жаркого періоду року проаналізовано ризик змін в енергоспоживанні як у зимовий, так і у літній періоди та окреслено можливі заходи з адаптації будівельного сектору з врахуванням викидів ПГ внаслідок воєнних дій в Україні.

Результати досліджень

В якості кліматичних показників для вирішення даної задачі обрано наступні кліматичні індикатори: середня температура за зимовий та літній періоди; добові мінімальні температури для зимового періоду; добові максимальні

температури для літнього періоду. Попередні розрахунки динаміки змін споживання енергії на опалення в зимовий період для м. Києва показали, що зміна клімату, починаючи з 1942 року, призвела до зниження споживання енергії за два зимові місяці для звичайного панельного будинку з площею стін 200 квадратних метрів майже на 16%. Що стосується енерговитрат на охолодження в спекотний період, то розрахунки засвідчили їх поступове зростання останнім десятиліттям при інших рівних умовах. Для м. Києва було зроблено моделювання підвищення температурних показників за допомогою програмного продукту OriginPro8 та баз даних [8, 9], що засвідчило прогнозну динаміку середньомісячної температури за звичайним та за вологим термометром у липні в 2050 році відповідно – 26,371°C і 28,918°C. Отримані дані свідчать про необхідність внесення корегувальних змін в додатки нормативних документів, зокрема, що стосуються значень середньомісячної температури в розрахунках енергоефективності будівлі при інших рівних умовах, наприклад, розрахунку енерговитрат на кондиціонування повітря в приміщенні згідно з ДСТУ 9190:2022 «Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання».

Приклад ланцюжків впливу на кліматичний ризик, розроблених у рамках оцінювання кліматичних факторів, що впливають на розрахункові дані енергоспоживання будівлі на стадії проекту в зимовий та літній періоди, представлено на рис. 1.



(A)



(Б)

Рис. 1. Ризик змін в енергоспоживанні для будівельного сектору на опалення у зимовий період (А) та на охолодження у літній період (Б) та можливі заходи з адаптації до змін клімату

В даному прикладі було включено в категорію проміжних впливів також вплив воєнних дій на міське середовище і населення. Оцінити цей вплив можна завдяки існуючим моніторинговим базам даних наземних та дистанційних спостережень. Фактори вразливості системи потребують детального якісного та кількісного аналізу кожного її пункту з врахуванням технічних можливостей. Наприклад, аналіз технології виробництва цементу («мокрим» традиційним або «сухим» способом), що дозволяє значно скоротити викиди ПГ при оцінці життєвого циклу будівлі. Можливі заходи з адаптації аналізуються на стадії проєкту відбудови, що дозволить максимально скоротити викиди в атмосферне повітря.

Визначення інтегрального значення шуканого кліматичного ризику відбувається шляхом об'єднання визначених величин компонентів ризику (загрози, вразливість, перебування під дією) відповідно до діючих нормативних документів.

Висновки

Проведені дослідження дають підставу зробити наступні висновки:

1. Сучасні методи адаптації до кліматичних змін у різних галузях економіки, в т.ч. і для будівельної галузі, спираються на концепцію ризиків і вразливості, викладену в оціночних доповідях AR4 та AR5.

2. На прикладі міського середовища м. Києва отримані ланцюжки впливу на ризик впливу на енергоспоживання будівлі на стадії проєкту в зимовий та літній періоди.

3. Дані дослідження можуть бути перспективними в подальшому для пошуку шляхів зменшення викидів ПГ в атмосферне повітря, компенсації щодо пом'якшення кліматичної шкоди, завданої воєнними діями Росії, та нейтралізації цього впливу на всіх стадіях життєвого циклу, враховуючи виробництво цементу та сталі, краще утеплення будівель і впровадження відновлюваних джерел енергії у сучасних будівлях та спорудах.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Публікація підготовлена в рамках проєкту «Багаторівнева місцева, національна та загальнорегіональна освіта та навчання в галузі кліматичних послуг, адаптації та пом'якшення наслідків зміни клімату 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-SVNE-JP». Підтримка Європейською комісією випуску цієї публікації не означає схвалення змісту, який відображає лише думки авторів, і Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2018. 548 с.
2. Watkiss, P. and Betts, R.A. (2021) Method. In: The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report [Betts, R.A., Haward, A.B. and Pearson, K.V. (eds.)]. Prepared for the Climate Change Committee, London.
3. Climate risk report for the Middle East and North Africa (MENA) region. – MetOffice/Hadley Centre, 2021. 111 pp.
4. ДСТУ EN ISO 14091:2022 Адаптація до зміни клімату. Рекомендації щодо оцінювання вразливості, впливу та ризику (EN ISO 14091:2021, IDT; ISO 14091:2021, IDT).
5. AR 6, (IPCC, 2021). Adaptation to climate change. Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment.
6. ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT).
7. Необхідність врахування глобальних змін клімату при розрахунку класу енергоефективності будівель / Степаненко С.М., Волошкіна О.С., Мальований М.С., Ковальова А.В. // V Міжнародна Наук.-Практ. Конференція “Енергоощадні машини і технології”, 22 по 24 травня 2024 КНУБА, – С. 199–202. <http://esmt.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/ESMT-2024-Conference-proceedings.pdf>
8. Кліматична база даних Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського. URL: <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/>

9. Climate Data Store – ERA5 explorer. Climate Change Service Copernicus. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/apps/c3s/app-era5-explorer>
10. Перелік міжнародних кліматичних індикаторів. URL: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/europeanclimate-data-explorer/overview-list>
11. Estada, F., Gay, C., Conde, C. (2012). A methodology for the risk assessment of climate variability and change under uncertainty. A case study: coffee production in Veracruz, Mexico. – *Clim. Change*, 113: 455–479. doi:10.1007/s10584-011-0353-9
12. Methodological approach considering different factors influencing vulnerability – Pan-European scale. – DROUGHT-R&SPI, Tech.Report No 26, 2015. 111 pp.
13. Parathoma-Kohle, M., Promper C., Glad, T. (2016). A Common Methodology for Risk Assessment and Mapping of Climate Change Related Hazards – Implications for Climate Change Adaptation Policies. – *Climate*, 4, 8. doi:10.3390/cli4010008
14. Кона А., Бертольдї П та інш. (2018). Керівництво «Як розробити План дій по сталому енергетичному розвитку і клімату в країнах Східного партнерства». Європейська комісія, Об'єднаний дослідницький центр Угоди Мерів по клімату і енергії 113659. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/index_en
15. Masum, J.H. (2019). Climate Change Risk Assessment: Exploring the current state of knowledge to assess climate change risks from local to national level, Coastal Development Partnership (CDP), Bangladesh, ISBN: 978-984-34-7046-1
16. Методичні рекомендації для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімату. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 03.06.2023 р. No 386. <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/06/386nd1.pdf>
17. Вплив російської війни в Україні на клімат. 24 лютого 2022 – 1 вересня 2023. Ініціатива з обліку викидів парникових газів внаслідок війни. Звіт завдяки підтримці Європейського кліматичного фонду (ECF) та «Ініціативи з розвитку екологічної політики й адвокації в Україні» (EPAIU). https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2024/01/Report-2023_December_UA_compressed.pdf
18. Low-carbon warfare: climate change, net zero and military operations. <https://academic.oup.com/ia/article/99/2/667/7024982>
19. Вплив російської війни в Україні на клімат, перше проміжне оцінювання. Англійською: <https://en.ecoaction.org.ua/climate-damage-caused-by-russias-war.html>. Українською: <https://ecoaction.org.ua/vplyv-ros-vijny-na-klimat.html>
20. Вплив російської війни в Україні на клімат, друге проміжне оцінювання. Англійською: <https://en.ecoaction.org.ua/climate-damage-by-russia-12-months.html>. Українською: <https://ecoaction.org.ua/vplyv-ros-vijny-na-klimat-2.html>
21. The Vulnerability Sourcebook – Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. GIZ, adelphi, EURAC. Eppelheim, 2014.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2024 і прийнята до друку після рецензування 02.09.2024

REFERENCES

1. Stepanenko, S.M., & Polyovoy, A.M. (2018). Climatic risks of the functioning of sectors of the economy of Ukraine in the context of climate change: monograph. ODEKU. Odesa: TES [in Ukrainian].
2. Watkiss, P. and Betts, R.A. (2021). Method. In: The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report [Betts, R.A., Haward, A.B. and Pearson, K.V. (eds.)]. Prepared for the Climate Change Committee, London.
3. Climate risk report for the Middle East and North Africa (MENA) region. (2021). MetOffice/Hadley Centre.
4. DSTU EN ISO 14091:2022 Climate Change Adaptation: Guidelines for Vulnerability, Impact and Risk Assessment (EN ISO 14091:2021, IDT; ISO 14091:2021, IDT).

5. AR 6, IPCC. (2021). Adaptation to climate change. Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment.
6. DSTU ISO 31000:2018 Risk Management: Principles and Guidelines (ISO 31000:2018, IDT).
7. Stepanenko, S.M., Voloshkina, O.S., Malovany, M.S., & Kovaleva, A.V. (2024). The need to take into account global climate change when calculating the energy efficiency class of buildings. In V International Scientific and Practical Conference “Energy-saving machines and technologies”, May 22-24, 2024, KNUBA (pp. 199-202) [in Ukrainian]. <http://esmt.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/ESMT-2024-Conference-proceedings.pdf>
8. Climatic database of the B. Sreznovsky. Central Geophysical Observatory. Retrieved from <http://cgo-sreznovskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/>
9. Climate Data Store – ERA5 explorer. Climate Change Service Copernicus. Retrieved from <https://cds.climate.copernicus.eu/apps/c3s/app-era5-explorer>
10. List of international climate indicators. Retrieved from <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/europeanclimate-data-explorer/overview-list>
11. Estada, F., Gay, C., & Conde, C. (2012). A methodology for the risk assessment of climate variability and change under uncertainty. A case study: coffee production in Veracruz, Mexico. *Clim. Change*, 113: 455-479. doi:10.1007/s10584-011-0353-9
12. Methodological approach considering different factors influencing vulnerability. (2015). Pan-European scale. DROUGHT-R&SPI, Tech.Report No 26.
13. Papatoma-Kohle, M., Promper, C., & Glad, T. (2016). A Common Methodology for Risk Assessment and Mapping of Climate Change Related Hazards – Implications for Climate Change Adaptation Policies. *Climate*, 4, 8. doi:10.3390/cli4010008
14. Kona, A., Bertoldi, P. et al. (2018). Guidance «How to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan in the Eastern Partnership countries». European Commission, Joint Research Centre of the Covenant of Mayors for Climate and Energy 113659. Retrieved from https://joint-research-centre.ec.europa.eu/index_en
15. Masum, J.H. (2019). Climate Change Risk Assessment: Exploring the current state of knowledge to assess climate change risks from local to national level. Coastal Development Partnership (CDP), Bangladesh. ISBN: 978-984-34-7046-1
16. Methodological recommendations for assessing risks and vulnerability of socio-economic sectors and natural components to climate change (2023). Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine dated 03.06.2023. No. 386. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/06/386nd1.pdf>
17. The Climate Impact of the Russian War in Ukraine. February 24, 2022 – September 1, 2023. Greenhouse Gas Emissions Accounting Initiative. Report supported by the European Climate Fund (ECF) and the Environmental Policy and Advocacy Initiative in Ukraine (EPAIU). https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2024/01/Report-2023_December_UA_compressed.pdf
18. Low-carbon warfare: climate change, net zero and military operations. Retrieved from <https://academic.oup.com/ia/article/99/2/667/7024982>
19. Climate Impact of the Russian War in Ukraine, First Interim Assessment. In English: <https://en.ecoaction.org.ua/climate-damage-caused-by-russias-war.html>. In Ukrainian: <https://ecoaction.org.ua/vplyv-ros-vijny-na-klimat.html>
20. Climate Impact of the Russian War in Ukraine, Second Interim Assessment. In English: <https://en.ecoaction.org.ua/climate-damage-by-russia-12-months.html>. In Ukrainian: <https://ecoaction.org.ua/vplyv-ros-vijny-na-klimat-2.html>
21. The Vulnerability Sourcebook – Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. (2014). GIZ, adelphi, EURAC. Eppelheim.

The article was received 16.05.2024 and was accepted after revision 02.09.2024

Гончаренко Артем Вадимович

аспірант спеціальності 101 «Екологія», кафедри охорони праці та навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5647-1360> **e-mail:** hosting.pat@gmail.com