
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.05:614.841.2(519.25)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.4-55.1>

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЧИННИКА УРБАНІЗАЦІЇ НА ПАРАМЕТРИ ТЕХНОГЕННИХ ПОЖЕЖ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

Васютинська К.А.

Національний університет «Одеська політехніка»

пр. Шевченко, 1, 65044, м. Одеса

e.a.vasutinskaya@op.edu.ua

Стаття присвячена актуальній проблемі аналізу динаміки пожеж техногенного походження в регіонах країни залежно від оцінки урбогенного навантаження. Урбанізаційний процес загострює вплив чинників зростання енергоспоживання, зношеності інженерних мереж, збільшення промислового навантаження і наслідків глобальних кліматичних змін, та через збільшення компактності житлових забудов та щільності населення примножує ризики міських пожеж за кількістю жертв та значними матеріальними збитками. Тому *актуально* розглядати пожежі техногенного походження як частину широкій проблематики оцінювання урбанізаційних впливів на природно-техногенну небезпеку урбанізованих територій. *Мета роботи* – проаналізувати динаміку міських пожеж та ризиків міського населення за останній 15-річний період, а також провести кореляційний аналіз регіональних індексів кількості пожеж техногенного походження та індикаторів еколог-демографічної урбанізації адміністративних областей. *Новизна* роботи полягає в застосуванні індикаторного методу для оцінювання пожежної ситуації в країні в контексті диференціації урбогенного насичення регіонів. В статті проведений аналіз основних причин виникнення міських пожеж та надана класифікаційна характеристика асоційованих небезпек. Методом аналітично-графічного аналізу динаміки показників пожеж техногенного походження в містах за період 2009–2023 рр. показане зменшення ризиків міського населення, яке пояснено позитивними ефектами урбанізаційного процесу (рівень урбанізації країни зростає від 68,5% в 2009 р. до 69,7% в 2022 р.). Зростання питомого показника частоти міських пожеж за цей період обґрунтоване наслідками кліматичних змін. Проведений функціонально-графічний аналіз регіонального коефіцієнту пожежної небезпеки (розрахований як середньо медіанне значення кількості пожеж в області за означений період) від індексу еколого-демографічної урбанізації показав їх достатній рівень кореляції (коефіцієнт кореляції Пірсона склав 0,56). Надані рекомендації щодо інтеграції чинника урбанізації в стратегічне планування безпекових заходів задля підвищення здатності міської системи оперативно реагувати на ризики та зменшити вразливість населення. *Ключові слова*: урбанізаційні процеси, природно-техногенна безпека, надзвичайна ситуація, пожежа техногенного походження, індивідуальний ризик населенню.

Assessing the impact of urbanisation on man-made fire parameters in Ukrainian regions. Vasutyńska K.

The article addresses the critical issue of analysing the dynamics of man-made fires in regions across the country, based on an assessment of urban load. The urbanisation process has a significant impact on energy consumption, utility networks, industrial load and global climate change. It also increases the risk of urban fires, with a greater number of victims and significant material damage due to the increasing compactness of residential buildings and population density. Therefore, it is *relevant* to consider man-made fires as part of the broader issue of assessing urbanisation impacts on natural and technological hazards in urban areas. The *purpose* of the study is to analyse the dynamics of urban fires and urban population risks over the past 15 years. It will also conduct a correlation analysis of regional indices of the number of man-made fires and indicators of environmental and demographic urbanisation of Ukrainian regions. The *novelty* of the work lies in the application of the indicator method for assessing the fire situation in the country in the context of differentiation of urban saturation of regions. The article analyses the main causes of urban fires and provides a classification characteristic of the associated hazards. The article demonstrates that the risks faced by urban populations have decreased as a result of the positive effects of urbanisation. It uses analytical and graphical analysis of the dynamics of man-made fires in cities for the period 2009–2023. The country's urbanisation level increased from 68.5% in 2009 to 69.7% in 2022. The increase in the proportion of urban fires during this period is justified by the effects of climate change. The functional and graphical analysis of the regional fire hazard coefficient (calculated as the average median value of the number of fires in the region for the specified period) from the index of ecological and demographic urbanisation showed a sufficient level of correlation (Pearson's correlation coefficient was 0,56). It is imperative that strategic planning of security measures integrates the urbanisation factor to enable the urban system to respond rapidly to risks and reduce the vulnerability of the population. *Key words*: urbanisation processes, natural and technological safety, emergency situation, man-made fire, individual risk to the population.

Постановка проблеми. Міста завжди відігравали ключову роль у соціально-економічному розвитку регіонів і держави в цілому, впливали на зростання добробуту населення та задоволення максимального рівня всіх потреб людини. Проте масштаби техно-

генних аварій, збільшення частоти їх виникнення, створюють додаткові проблеми для міських населених пунктів. Зокрема, техногенні пожежі стали значною загрозою для міст через зростання концентрації промислового виробництва, інтенсивний розвиток

інфраструктури, збільшення компактності житлових забудов та щільності населення. Міські пожежі часто є результатом людської діяльності, а урбанізація посилює комплексний вплив таких техногенних чинників як зростання енергоспоживання, зношеність інженерних мереж, збільшення транспортного потоку та промислового навантаження одночасно із загостренням наслідків глобальних кліматичних змін. Ці процеси сприяють підвищенню ризиків виникнення пожеж, які можуть мати суттєві наслідки для людей, економіки та довкілля, та, в цілому, обмежують сталий розвиток міст.

Актуальність дослідження. Руйнівний вплив пожеж забудованого простору неможливо переоцінити. Так, за даними Центра статистики Міжнародної організації пожежно-рятувальних служб (СТІФ) [1], у всьому світі щороку гинуть понад 120 тис. людей у пожежах чи від їх смертоносних чинників (травми, опіки, отруєння чадним газом, інші). Понад 95% цих смертей і травм припадає на країни з низьким і середнім рівнем доходу, де ризики зростають пропорційно швидкій урбанізації. Наприклад, кількість пожеж у населених пунктах країн з низьким рівнем доходу за останні роки зросла на 300%. Представлений аналіз статистики пожеж для країн, які доєдналися до Міжнародної організації СТІФ (включає дані з 55 країн і 42 міст та охоплює 20% населення світу) за період 1993–2022 роки включає дані щодо щорічної кількості пожеж до 4,5 млн. та кількості загиблих до 62 тис. осіб [2]. З початку ХХІ століття зросла загальносвітова тенденція збільшення всіх кількісних показників пожеж: кількість щорічних пожеж зросла до 8 млн, кількість загиблих – до 500 людей за рік, постраждалих – до 600–800 тис. Лише в США у 2019 році пожежі спричинили 3704 смертей та прямих матеріальних збитків на 14,8 мільярдів доларів [3], на материковому Китаї у 2020 році сталося 252 000 пожеж, що призвело до 1183 смертей і прямих матеріальних збитків на суму 621 млн \$ США [4].

В Україні пожежі завжди виділялись серед надзвичайних ситуацій техногенного походження великими кількостями жертв та значними матеріальними збитками. Тільки за сім місяців 2024 р., за даними Державної служби надзвичайних ситуацій (ДСНС) [5], зареєстровано 54845 пожеж, серед них 27740 у містах, а їх прями матеріальні збитки склали 15 млрд 994 млн 828 тис. грн (приблизно 390 млн. \$ США). Більшість людей також загинуло унаслідок пожеж у містах – 461 людина, що складає 55% від загальної кількості загиблих (843 людей). Так само, травмоване 704 людини на пожежах в містах, що складає 66% від загальної кількості.

Такі дані свідчать про нарощення небезпеки міського середовища, збільшення відповідних ризиків та вразливості міського населення. Тому актуально розглядати пожежі техногенного походження не як окремі події, а як частину ширшої проблематики

оцінювання стану природно-техногенної небезпеки урбанізованих територій. В статистиці пожеж [6] щорічно відмічається перевищення питомої ваги пожеж у містах промислово розвинених, високо урбанізованих регіонів: в 2023 р. – Запорізької (73,2%), Дніпропетровської (65,2%), Сумської (60,9%) областей; в 2022 р. – Луганської (94,0%), Донецької (76,4%), Запорізької (73,4), Дніпропетровської (69,6%), Харківської (67,8%) областей. Для детального аналізу джерел та основних чинників виникнення міських пожеж в цілях запобігання надзвичайних ситуацій цього типу та вдосконалення систем прогнозування, попередження і мінімізації наслідків доцільно враховувати особливості урбанізаційного процесу в регіональному розрізі.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження проведено у напрямку «Цілей сталого розвитку на період 2016–2030 рр. та відповідає стратегічним цілям та завданням, які визначені у Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [7], а саме, завданню «зменшення негативного впливу процесів урбанізації на навколишнє природне середовище». Вдосконалення значення чинника урбанізації в системі управління регіональною безпекою співпадає з завданнями стратегічної екологічної оцінки в програмах сталого розвитку [8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемі зв'язку між різними чинниками урбанізації та виникненням міських пожеж присвячені чисельні вітчизняні та зарубіжні дослідження. Вплив на рівень пожежної безпеки чинників щільності населення, рівня доходів, валового регіонального продукту на душу населення, типу домогосподарства простежений в наукових розробках на прикладі різних країн. За допомогою методів просторової статистики та регресійного аналізу вивчені взаємозв'язки між соціально-економічними факторами та різними типами пожежних інцидентів в районах Брісбена (Австралія) та Кардіффа (Сполучене Королівство) авторами роботи [9], так само, як в роботі [10] виявлені райони найвищої інтенсивності пожеж в Торонто (Онтаріо, Канада) відповідно щільності населення. Використання таких змінних як щільність населення, щільність зношених будівель та купівельна спроможність людей дозволило авторам роботи [11] підвищити достовірність запропонованої моделі просторової помилки та показати вплив урбанізації на ризики пожеж, які концентруються в центральних районах Португалії.

Відмітимо, що переважна більшість досліджень просторово-часового розподілу пожежних інцидентів проводиться сьогодні із поєднанням методів статистичного, геоінформаційного аналізу та використанням супутникових даних. Наприклад, на основі геопросторових та статистичних методів виявлені зони пожежонебезпеки в центральних районах міст

Індії. Автори роботи [12] застосували ГІС-данні та два статистичних метода – непараметричний метод ядерної регресії KDE (Kernel Density Estimation – метод оцінки щільності ядра) та метод аналізу гарячих крапок GOG (визначення показнику Getis-Ord G_i^*). На основі означених підходів визначені зони високих пожежних ризиків в районах, які мають компактну забудову та найвищу щільність населення на рівнях 29860 особа/км² та 27994 особа/км², відповідно методам KDE і GOG. Зроблені висновки щодо найпоширеніших причин пожеж, серед яких коротке замикання електромережі та витoki газових балонів детерміноване різноманітною людською діяльністю в міському забудованому просторі як елемента урбанізаційного процесу.

В умовах урбанізації міста прагнуть до розширення за рахунок розростання міської забудови з трансформацією землекористування, що призводить до багатьох проблем, пов'язаних зі збільшенням частоти пожеж і появою нових пожежних ризиків. Так, проведені оцінки впливу міської експансії на кількість лісових пожеж в Австралії [13], на збільшення частоти пожеж в мезичних лісах південного регіону Аппалачів (США) [14], водно-болотних угіддях Аргентини [15]. В дослідженнях показане, як житлове будівництво швидко розширюється на межі дикої природи та міст, створюючи комбіновані урбогенні впливи на пожежні порушення в рослинних угрупованнях, зменшення вегетаційного індексу (NDVI) майже вдвічі та збіднення біорозмаїття. Зауважимо, що вплив урбанізованих територій на прилеглі природні ландшафти викликають чисельні лісові та торф'яні пожежі, які можуть зворотно охоплювати міста та міські агломерації. Оскільки через зміну клімату в найближчі роки кількість техногенних пожеж, ймовірно, збільшиться, постає проблема законодавчого регулювання збереження та відновлення природних систем на приміських територіях.

В наукових працях вітчизняних вчених поряд із дослідженнями соціально-економічних чинників пожеж техногенного характеру та їх наслідків в природних екосистемах [16, 17] значне місце займають проблеми використання аналітичних методів та інтелектуальних технологій в системах протипожежного моніторингу та захисту населення [18, 19]. В представлених роботах використані еволюційні методи на основі генетичних алгоритмів та еволюційних стратегій, ймовірнісні методи для оцінювання індивідуального пожежного ризику. Пожежна безпека розглядається як важливий аспект національної безпеки країни в дослідженні [20], хоча, як показано авторами роботи [21], невисокий рівень пожежної безпеки в Україні обумовлений складним соціально-економічним становищем держави, недоліками місцевого та регіонального управління, проблемами з фінансуванням.

Безсумнівним позитивом українських добірок є оцінювання параметрів пожеж техногенного харак-

теру та ризиків населення на основі методів математичного моделювання та геоінформаційних систем. Так, авторами роботи [22] візуалізовані параметри зон ризику при розвитку аварії на близько розташованих автозаправних станціях (АЗС) в межах житлового району для сценарію витоку палива із наслідками пожежі проливу за розгалуженою схемою. Дані супутникового моніторингу викидів тепла використані авторами дослідження [23] для представлення просторово-часового розподілу пожежної ситуації по території України на основі критеріїв потужності та групування викидів тепла, сумарної потужності пожежі, матеріалу горіння, площі ареалу пожеж. На наш погляд, серед представлених в монографії даних особливу зацікавленість представляють розроблені критерії відокремлення потенційно небезпечних пожеж серед всіх, що виявлені аналізом супутникових даних.

Методи математичного оброблення статистики пожеж та їх наслідків застосовані для визначення одночасності потоку пожеж в містах авторами праці [24]. Для регіонального аналізу пожежної безпеки в Україні авторами роботи [25] застосовані метод інтегрального індикатора як зваженої суми окремих показників та метод ієрархічної кластеризації нормованих питомих показників пожежної безпеки. При цьому, зроблені висновки щодо взаємообумовленості показників пожежної та економічної безпеки.

Відомий метод статистичного аналізу економічної системи України на основі оцінювання структурних зрушень запропонований авторами роботи [26] для виділення однотипних за рівнями кількістю пожеж областей України. На основі статистичного аналізу показника кількості пожеж за період 2013–2021 р. отримані три кластера регіонів методом групового середнього. Зроблений висновок щодо найвищої пожежної безпеки для групи східних та південних областей, які належать до кластеру І. Необхідно зауважити, що, зазвичай, для аналізу економічної структури використовують ваги декількох абсолютних та відносних кількісних показників, наприклад, ВВП, обсяги капітальних інвестицій, фонд накопичення та споживання та інші. Позитивом означеного в дослідженні [26] підходу є можливості оброблення масиву статистичної інформації, що можна використати для оцінки змін структури та порівняння регіонів за нормованими показниками. На наш погляд, запропонованому методу доцільно додати теоретичне обґрунтування результатів кластеризації та складу отриманих груп.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Тож, проведений аналітичний огляд методів оцінювання динаміки пожеж в міському середовищі дозволив зробити наступні узагальнення. Традиційно, в роботах, що оглянуті, досліджувались співвідношення рівнів пожежної безпеки з окремими характеристиками урбанізованих тери-

торій, такими, як параметри будівлі, кліматичні та топографічні особливості районів, щільність забудов. В цілому, в роботах українських та зарубіжних вчених показаний наявний зв'язок між пожежними подіями та окремими демографічними, соціально-економічними характеристиками та параметрами навколишнього природного середовища. Але масштаби досліджень або стосувались території держави в цілому, або окремих міст, міських агломерацій чи локальних житлових районів. Загальним обмеженням проведених досліджень, на погляд автора чинної статті, є відсутність комплексного підходу до визначення ризику пожеж на основі врахування чинника глобальної урбанізації, який сьогодні є визначальним для переважної більшості техногенних та, навіть, природних небезпек.

Взаємозв'язок між рівнями урбанізації та інтенсивністю техногенних пожеж в різних регіонах України також залишається недостатньо вивченим. Недопрацювання методів оцінювання урбогенного впливу на ризики міських пожеж ускладнює розроблення ефективних превентивних заходів щодо запобігання та боротьби з пожежами. Тому в статті вирішується завдання оцінки та аналізу впливу урбанізації на динаміку техногенних пожеж із застосуванням індикаторного методу, що буде сприяти формуванню науково обґрунтованих стратегій підвищення рівня безпеки населення та мінімізації потенційних збитків.

Мета роботи – проаналізувати динаміку міських пожеж та ризиків міського населення за останній 15-річний період, а також провести кореляційний аналіз регіональних індексів кількості пожеж техногенного походження та індексів еколого-демографічної урбанізації адміністративних областей. **Новизна роботи** полягає в застосуванні індикаторного методу для оцінювання пожежної ситуації в країні в контексті диференціації урбогенного насичення регіонів.

Методологічне та загальнонаукове значення. Методологічні підходи дослідження базувались на концепції екологічної урбанізації як провідного чинника формування стану природно-техногенної безпеки територій [27, 28]. Поняття екологічної урбанізації як складової комплексного і багатофакторного урбанізаційного процесу розроблена автором чинної статті в попередніх дослідженнях [28, 29]. Екологічна складова урбанізації окреслює сукупність несприятливих процесів і явищ, що поширюються на всю урбанізовану територію, та визначають небезпеки, створені урбогенно-техногенними впливами. Застосування індексу еколого-демографічної урбанізації, який були визначений та розрахований автором в попередніх дослідженнях [28] на основі показників щільності міського населення, частки урбанізованої території регіонів та враховував структуру системи розселення міського населення, дозволяє комплексно враховувати вплив екологічних та демографічних чинників на прояви НС

техногенного походження та ризику для населенню регіонів країни.

Методи дослідження. В дослідженні використані методи статистичного, функціонально-графічного та кореляційного аналізу на основі емпіричної бази даних [5, 6, 30, 31]. Розрахунки параметрів, нормалізація даних та проведення кореляційного аналізу проводилося із використанням середовища Python [32] та підключенням бібліотек Pandas 3.0 [33]. Задля масштабування всіх досліджених даних до діапазону [0, 1], з метою проведення їх аналізу в регіональному розрізі, був застосований метод мінімально-максимальної нормалізації за алгоритмом, представленим автором чинної статті в роботі [34]. При проведенні кореляційного аналізу нормалізованих в діапазоні [0, 1] даних значення коефіцієнта кореляції та рівня статистичної значущості визначали згідно [35].

Викладення основного матеріалу. Визначення основних чинників впливу урбанізації на частоту виникнення пожеж у міських системах. Отже, в сучасних умовах щільного проживання населення в містах існує значний ризик високої інтенсивності пожеж, людських втрат і матеріальних збитків, що обумовлене концентрацією небезпечних виробництв; посиленням ролі міст як осередків кліматичних змін, недоліками міського планування, безсистемною забудовою багатоповерхівками, використанням неякісних будівельних матеріалів. При дослідженні впливу урбанізації на динаміку техногенних пожеж можна виділити низку ключових чинників, які впливають на частоту виникнення пожеж на урбанізованих територіях (табл. 1).

Зазначимо, що в табл. 1 представлені узагальнення, характерні для міських пожеж будь-якої країни світу. Війна в Україні перетворила всю територію країни в зону екологічної катастрофи та створила умови підвищення ризиків як суто техногенних аварій внаслідок руйнації об'єктів техносфери, так й таких, що пов'язані із природними лихами, які ініційовані ушкодженням довкілля. Тож, сполучення фактору урбанізації та військової агресії може призвести тільки до зростання людських жертв в надзвичайних ситуаціях.

Аналіз динаміки міських пожеж та ризиків міського населення. В попередніх дослідженнях [36] на основі вивчення динаміки пожеж техногенного походження за період 1997–2017 рр. було показано, що зростання рівня урбанізації країни з часом підсилювало індивідуальні ризики загибелі на фоні зменшення випадків пожеж. Проте, на рівні урбанізації вище 68%, значення цих показників мали тенденцію до зміни в протилежних напрямках. Різке збільшення загального числа пожеж техногенного характеру, в тому числі, в містах, супроводжувалась падінням показників індивідуальних ризиків загального та міського населення

На основі даних, представлених в [5, 6, 30, 31], був проведений аналітично-графічний аналіз дина-

Ключові чинники та характеристики урбанізаційного впливу на ризики техногенних пожеж

№	Чинник впливу	Ефекти чинника	Характер небезпек
1	Збільшення щільності населення	загострює вплив соціальних чинників, в тому числі, активізацію людської діяльності, деструктивну поведінку, злочинність, інше нарощує навантаження на міську інфраструктуру через перевантаження електромереж у житлових, комерційних і промислових об'єктах, підвищену експлуатацію будівель і систем безпеки.	Підвищення ризиків виникнення пожеж, індивідуальних ризиків загибелі населення
2	Збільшення компактності забудов	сприяє поширенню вогню від місця займання ускладнює евакуацію людей і доступ пожежних служб до місця займання	Збільшення масштабів пожеж
3	Промислова активність, Зростання кількості та щільності об'єктів техносфери	розширює кількість техногенних об'єктів, які можуть стати джерелами пожеж, підвищує ймовірність виникнення пожеж через складність устаткування, велику кількість електричних приладів, використання газу та інших горючих матеріалів недотримання норм безпеки, порушення технологічних регламентів, збільшення навантаження активізує ризики вторинних чинників аварій з витоком небезпечних хімічних речовин, які утворюються в процесах горіння	Збільшення частоти та масштабу пожеж Токсичний вплив продуктів горіння на мешканців Забруднення атмосфери
4	Розширення транспортного парку	зростає інтенсивність руху транспорту, кількість автомобілів, навантаження на дорожню інфраструктуру спричиняє аварії через технічні несправності транспортних засобів, які інтенсивно експлуатуються в міських умовах	Автомобільні аварії, пов'язані з займанням транспортних засобів Зростання пожежних ризиків
5	Інфраструктурне зношення	спричиняє аварії через застарілу інфраструктуру, електромережі, системи газопостачання та каналізації, зношеність інженерних мереж та будівель	Збільшення частоти та масштабу пожеж
6	Інтенсивне використання енергії	споживання енергії може спричинити перевантаження електромереж, вибухи газопроводів або пожежі через несправності в електропроводці	Підвищення ризиків виникнення пожеж Примноження матеріальних збитків
7	Кліматичні зміни та екстремальні погодні умови	змінює місцевий мікроклімат, що, в поєднанні з глобальними кліматичними змінами (підвищення температури, посухи), може створювати сприятливі умови для виникнення пожеж (наприклад, теплові хвилі можуть підвищувати ризик виникнення пожеж у міських районах, де відсутня достатня вентиляція і є багато потенційно горючих матеріалів)	Посилення ризиків пожеж в містах та на приміських територіях
8	Скорочення природних зон	порушує природні бар'єри для поширення пожеж зменшує природну можливість абсорбції тепла та диму через втрати зеленої рослинності	Збільшення масштабів пожеж Токсичний вплив продуктів горіння на мешканців Забруднення атмосфери
9	Соціально-економічні чинники	активізують нелегальні забудови підвищують ризик виникнення техногенних пожеж через бідність, відсутність ресурсів для належного утримання будівель і споруд, недотримання норм безпеки серед населення	Підвищення ризиків виникнення пожеж Примноження кількості жертв та матеріальних збитків

Джерело: розроблено автором

міки показників пожеж техногенного походження в містах за період 2009–2023 рр. (не враховані дані тимчасово окупованих територій, територій активних військових дій, та таких, що зазнали впливу російської агресії). Необхідно підкреслити, що динамічні зміни досліджуваних показників відбувались за умови зростання рівня урбанізації країни від 68,5% в 2009 р. до 69,7% в 2022 р. за даним [37].

Представлений в чинній статті огляд досліджень щодо чинників пожеж техногенного походження продемонстрував, що найбільш вагомими причинами виникнення пожеж в урбанізованому середовищі є активізація людської діяльності поряд із зростанням щільності населення. Тому показники кількості пожеж, кількості загиблих та загальної кількості постраждалих у містах (загальна кількість

загиблих та травмованих) за і-й рік приведені за кількістю міського населення в той же рік за формулами:

$$f_{urb_i} = \frac{F_{urb_i}}{N_{urb_i}}; R_{ind.urb_i} = \frac{N_{d.urb_i}}{N_{urb_i}}; R_{eff.urb_i} = \frac{N_{eff.urb_i}}{N_{urb_i}}$$

де: F_{urb_i} – кількість міських пожеж в і-му році;
 N_{urb_i} – чисельність міського населення в і-му році;

f_{urb_i} – питомий показник інтенсивності пожеж за і-й рік;

$N_{d.urb_i}$ – кількість загиблих у міських пожежах за і-й рік;

$N_{eff.urb_i}$ – кількість постраждалих (травмованих та загиблих) містян в міських пожежах за і-й рік;

$R_{ind.urb_i}; R_{eff.urb_i}$ – індивідуальний ризик загинути та ризик постраждати в міських пожежах в і-му році.

Результати графічного аналізу нормалізованих за алгоритмом мінімально-максимальної нормалізації [34] значень параметрів $f_{urb_i}, R_{ind.urb_i}, R_{eff.urb_i}$ представлені на рис. 1. Графічний аналіз динаміки показників за останній 15-річний період з достатнім рівнем кореляції демонструє збереження тенденції зростання показника частоти міських пожеж та зменшення ризиків міського населення. Найвище значення показника f_{urb_i} характеризує максимальну кількість міських пожеж в 2020 р., що співпадає з даними [38] щодо кліматичних змін в Україні. Дійсно, 2020 р. був найтеплішим за останні п'ятдесят років і, ймовірно, за сторіччя, а середньорічна температура склала 10,6°C. Перевищення склало 1,5°C по відношенню до багаторічних значень 1991–2020 років, та 2,8°C відносно 1961–1990 років.

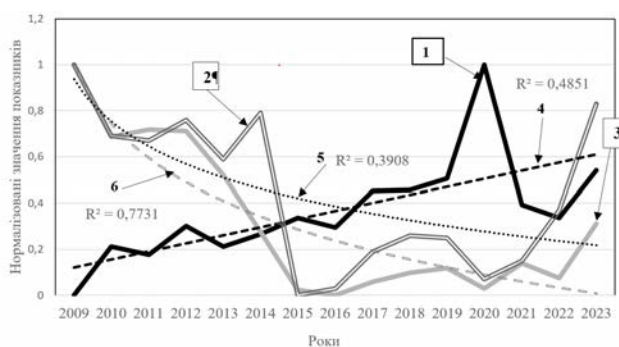


Рис. 1. Динаміка змін питомих параметрів кількості міських пожеж та ризиків міського населення протягом 2009–2023 рр.: 1 – f_{urb_i} ; 2 – $R_{eff.urb_i}$; 3 – $R_{ind.urb_i}$; 4 – лінія тренду показнику f_{urb_i} ; 5 – лінія тренду показнику $R_{eff.urb_i}$; 6 – лінія тренду показнику $R_{ind.urb_i}$

Таким чином, конкретні прояви збільшення частоти пожеж підтверджують більшу вразливість міст до глобального потепління внаслідок створення «теплових островів» через скупчення будівель, асфальту, бетону та інших матеріалів, які поглинають і утримують тепло, скорочення кількості зелених зон, посилення вітрів і нерегулярність опадів.

Зростання параметру f_{urb_i} не позначилося на ризиках міського населення, при цьому найвищий рівень кореляції ($R^2 = 0,77$) характеризує падіння показника індивідуального ризику як прямий причинно-наслідковий зв'язок з рівнем урбанізації за класифікацією [35]. Тож, окреслимо позитивний вплив урбанізації на зменшення вразливості міського населення внаслідок зростання організаційно-технічного потенціалу рятувних служб, кращого фінансування, впровадження інших заходів щодо запобігання та пом'якшення наслідків пожеж, але

Таблиця 1

Показники пожежної небезпеки та еколого-демографічної урбанізації адміністративних областей України (розраховані автором)

Область	пfi	п'fi	Г'edu	Область	пfi	п'fi	Г'edu
Вінницька	2332	0,16	0,07	Одеська	5290	0,50	0,261
Волинська	1152	0,03	0,30	Полтавська	2140	0,14	0,11
Дніпропетровська	7732	0,77	0,52	Рівненська	1248	0,04	0,013
Донецька	4937	0,46	1	Сумська	1710	0,09	0,17
Житомирська	2605	0,20	0,06	Тернопільська	1199	0,04	0,06
Закарпатська	1626	0,08	0,04	Харківська	5674	0,54	0,35
Запорізька	3763	0,33	0,31	Херсонська	2411	0,17	0,26
Івано-Франківська	2125	0,14	0,30	Хмельницька	1140	0,03	0,31
Київська*	9755	1,0	0,59	Черкаська	1322	0,05	0,13
Кіровоградська	1724	0,095	0,21	Чернівецька	878	0,0	0,08
Луганська	2541	0,19	0,80	Чернігівська	2047	0,13	0,054
Львівська	3039	0,24	0	АР Крим	Немає даних		
Миколаївська	2652	0,20	0,261				

Примітка*: дані Київської області враховують дані м. Київ

них ситуацій, з урахуванням широкої урбаністичної перспективи країни при відбудові зруйнованих та будівництві нових населених пунктів, відновленні промислових та інфраструктурних об'єктів, вирішенні питань розселення населення. Результати встановлених закономірностей динаміки змін показників небезпек міських пожеж в залежності від наслідків

урбанізації та глобальних кліматичних змін доцільно використовувати при формуванні стратегії попередження та пом'якшення наслідків техногенних аварій. Інтеграція чинника урбанізації в стратегічне планування безпекових заходів позитивно позначиться на стійкості міської системи, її здатності оперативного реагувати на ризики та зменшити вразливість населення.

Література

1. International Association of Fire and Rescue Services (CTIF). Center for World Fire Statistics. URL: <https://www.ctif.org/commissions-and-groups/ctif-center-world-fire-statistics> (дата звернення: 19.08.2024).
2. World Fire Report № 29. URL: https://www.ctif.org/sites/default/files/2024-06/CTIF_Report29_ERG.pdf (дата звернення: 20.08.2024).
3. U.S. Fire Statistics (2021) URL: <https://www.usfa.fema.gov/statistics/> (дата звернення: 20.08.2024).
4. Liu Z.-G., Li X.-Y., Grunde J. Effects of governmental data governance on urban fire risk: A city-wide analysis in China, *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022. Vol. 78. 103138. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103138>.
5. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 7 місяців 2024 року. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/1/8/1/7/3/2/analitichna-dovidka-pro-rozejji-072024.pdf> (дата звернення: 29.08.2024).
6. Статистика пожеж: аналітичні матеріали. Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali> (дата звернення: 20.08.2024).
7. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> [Дата звернення 9.09. 2024].
8. Про стратегічну екологічну оцінку: Закон України від 01.01.2020 № 2354-VIII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> [Дата звернення 9.09. 2024].
9. Corcoran J., Higgs G., Higginson Angela. Fire incidence in metropolitan areas: A comparative study of Brisbane (Australia) and Cardiff (United Kingdom). *Applied Geography*. 2011. Vol. 31, Issue 1. P. 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.02.003>.
10. Asgary, A., Ghaffari, A., Levy, J. Spatial and temporal analyses of structural fire incidents and their causes: A case of Toronto, Canada. *Fire Safety Journal*. 2010. Vol. 45(1). P. 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.10.002>
11. Bispo R., Vieira F. G., Bachir N., et al. Spatial modelling and mapping of urban fire occurrence in Portugal. *Fire Safety Journal*. 2023. Vol. 138. 103802. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103802>.
12. Priya S., Chandra S., Vijay K. Hotspot Analysis of Structure Fires in Urban Agglomeration: A Case of Nagpur City, India. *Fire*. 2021. Vol. 4. 38. <https://doi.org/10.3390/fire4030038>.
13. Price O., Bradstock Ross. Countervailing effects of urbanization and vegetation extent on fire frequency on the Wildland Urban Interface: Disentangling fuel and ignition effects. *Landscape and Urban Planning*. 2014. Vol. 130. P. 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.06.013>.
14. Mali M., Hubert J., Schweitzer A., Giam X., Pape M. Contrasting effects of urbanization and fire on understoryplant communities in the natural and wildland–urbaninterface. *Ecosphere*. 2023. Vol. 14. 4520. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4520>
15. Peltzer M., Cuzziol Boccioni A. P., Lorenzón R. E. Effects of Man-Made Fires on Wetlands of the Parana River in Argentina: Perspectives of Ecological Restoration. *Oecologia Australis*. 2023. Vol. 27(4). P. 344–357. <http://doi.org/10.4257/oeco.2023.2704.01>
16. Соціально-економічний аналіз надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру / Волошин С.М., Жарова Л.В., Хлобистов Є.В., Чебанов О.А. / За науковою ред. проф. Хлобистова Є.В. Сімферополь: НАН України, НДІ СРП. 2010. 258 с.
17. Долженкова О.В., Іванківа В.І. Динаміка економічних втрат України від пожеж. «Молодий вчений» 2018. № 12 (64). С. 610–613.
18. Чубань В.С., Горбаченко Ю.М. Еколого-економічні наслідки пожеж у природних екосистемах. *Центральноукраїнський науковий вісник. Економічні науки*. 2019. Вип. 2(35). С. 62–68.
19. Несенюк Л.П., Савченко О.В., Ніжник В.В., Нікулін О.Ф. Методи оцінювання ефективності функціонування систем протипожежного захисту. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2022. № 2(14). С. 134–142.
20. Мартин О.М. Пожежна безпека як складник національної безпеки: концептуальний підхід до її визначення. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2017. Вип. 15(2). С. 10–13.
21. Бібік С., Григоренко А. Сучасний стан і рівень пожежної безпеки в Україні. Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції Прикладні науково-технічні дослідження, Івано-Франківськ, Україна, 5-7 квітня 2021 року С. 408–411.
22. Vasutynska K., Smyk S., Ivanov O., Shevchuk I. Visualization of the pool fire action zones with using Mapinfo GIS for the number of filling stations of the Odessa (Ukraine) residential district. *Technology Audit and Production Reserves*. 2017. No 1/3 (39). p. 30–40. <https://10.15587/2312-8372.2018.124241>.
23. Осадчий В., Орещенко, А., Савенець М. Супутниковий моніторинг пожеж і забруднення атмосферного повітря монографія. Київ: ДСНС України, НАН України, УкрГМІ. 2023. 256 с
24. Гуліда Е. М., Войтович Д. П., Мовчан І. О. Потік пожеж та їх одночасність у містах. *Пожежна безпека*. 2017. № 31. С. 30–35. URL: <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/101>
25. Мартин О.М., Завада О.П. Пожежна та економічна безпека в Україні, їх взаємозв'язок: регіональні аспекти. *Глобальні та національні проблеми економіки: електронне наукове видання*. 2016. № 11. С. 17–22.
26. Супрович М. П., Шутяк О.В. Структурний аналіз чисельності пожеж в Україні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 1(36) С. 36–45. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-15>

27. Васютинська К.А., Барбашев С.В. Оцінка ризиків надзвичайних ситуацій в регіонах України під впливом урбанізаційного процесу. *Екологічні науки*. 2020. № 5(32). С. 51–57. I <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.8>
28. Васютинська К.А., Барбашев С.В. Індикаторна оцінка впливу урбанізаційного процесу на стан природної та техногенної безпеки в регіонах України. *Sustainable development: environmental protection. Energy saving. Balanced nature management*: колект. монографія. Львів, 2020. С. 232–255. book doi: <https://10.23939/book.ecocongress.2020> <http://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2020/dec/22708/monograph2020.pdf>
29. Васютинська К.А., Барбашев С.В., Кімінчиджи М.І. Оцінка комплексного показника екологічної урбанізації регіонів України. *Екологічні науки*. 2020. № 3(30). С. 7–14. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.1>.
30. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2009–2012 роки: Статистичний збірник аналітичних матеріалів. За загальною редакцією В.С. Кропивницького. К.: УкрНДІЦЗ, 2018. 102 с. [Електронний ресурс] URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/6/2/1/8/0/0/Eoea1aBkV09QuQ86fGbFq3vnZypB4pLRCTU1RnVz.pdf> (дата звернення: 10.08.2024).
31. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2013–2016 роки: Статистичний збірник аналітичних матеріалів. За загальною редакцією В.С. Кропивницького. К.: УкрНДІЦЗ, 2018. 100 с. [Електронний ресурс] URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/6/2/1/7/9/9/NqqqHaNp71KbJEw1YpwlByrmjrrKDbGJFMhsTjBK.pdf> (дата звернення: 10.08.2024).
32. Install Python support in Visual Studio/Article 04/18/2024. [Електронний ресурс] URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/python/installing-python-support-in-visual-studio?view=vs-2022> (дата звернення: 03.08.2024).
33. Pandas 3.0. Installation. [Електронний ресурс] URL: https://pandas.pydata.org/pandas-docs/dev/getting_started/install.html (дата звернення: 03.08.2024).
34. Vasutynska K.A., Barbashev S.V. Analysis of urbanization impact on the dynamics of emergencies and risks for population in Ukraine. *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi*. 2018. No 2(55). P. 137–144.
35. Теорія статистики: навчальний посібник / М.К. Шапочка, О.М. Маценко. Суми. 2014. 312 с.
36. Vasutynska K. Barbashev S. Analysis of dynamics of man-made fires in conditions of urbanization in Ukraine. *Technology Audit and Production Reserves*. 2018. Vol. 4. No 3(42). p. 16–23. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.141376>.
37. Державна служба статистика України. [Електронний ресурс] URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Дата звернення 22.08. 2024).
38. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: Національні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoring/natsionalni-dopovidi-pro-stand-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-v-ukrayini/> (Дата звернення 12.09. 2024).