

## АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ПОЖЕЖ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ

Васютинська К. А., Барбашев С. В.

*Об'єктом дослідження є динаміка проявів пожеж техногенного походження в міських населених пунктах у співвідношенні до демографічних змін та урбанізаційних процесів за період 1997–2017 рр. Проблема обумовлена тим, що урбанізація посилює глобальні кліматичні зміни та ініціює пожежі, які є одними з найбільш небезпечних подій з великими кількостями жертв та значними матеріальними збитками.*

*До недоліків методології вивчення динаміки проявів надзвичайних ситуацій (НС) техногенного походження віднесена відсутність врахування зворотно пропорційного зв'язку між темпами урбанізації в Україні за останні 20 років та демографічними змінами.*

*У дослідженні використаний метод статистичного і функціонального аналізу для оцінювання показників кількості пожеж. В результаті дослідження показаний високий ступінь кореляції між зменшенням числа пожеж та скороченням щільності населення за умови уповільнення темпів урбанізації протягом останнього 20-річного періоду. Основою для позитивної динаміки проявів пожеж є об'єктивні умови техногенно-урбогенного довкілля та суб'єктивні причини, пов'язані із людським фактором.*

*Показано, що при чисельності міського населення до 67 %, демографічний фактор впливає на зростання ризиків загибелі при зменшенні кількості пожеж техногенного походження. Подальша урбанізація призводить до різкого збільшення числа НС. При цьому, виявлена тенденція до зменшення ризиків загибелі від пожеж при зменшенні щільності населення та збільшенні рівня урбанізації вище 67 %.*

*Ефект скорочення уразливості міського населення, крім демографічного чинника, пов'язаний із забезпеченням міст значними людськими, технічними і матеріальними ресурсами.*

*Завдяки виявленим кореляціям демографічних і урбанізаційних факторів з динамікою проявів пожеж забезпечується можливість розробки заходів з моніторингу, попередження і ліквідації наслідків пожеж в населених пунктах. Ризик-орієнтована стратегія протидії пожежам має бути застосовна в цілях захисту людей і майна в районах підвищеної щільності населення.*

**Ключові слова:** урбанізаційні процеси, екологічна безпека, надзвичайна ситуація, пожежа техногенного походження, ризик населенню.

### 1. Вступ

Сучасні урбанізаційні процеси охоплюють всю територію України, визначають абсолютну більшість пагубних змін навколишнього природного

середовища та суттєво впливають на гостроту проявів надзвичайних ситуацій (НС). Урбанізація впливає на загострення техногенної небезпеки в містах через численні екологічні проблеми, які пов'язані із забрудненням довкілля, концентруванням в обмеженому просторі великої кількості небезпечних об'єктів промисловості, енергетики, транспорту тощо.

Урбогенна трансформація всіх компонентів навколишнього середовища розповсюджується далеко за межі власне населених пунктів. Зростання міст і утворення міських агломерацій призводить до експансії приміських природних територій, що змінює природні умови їх існування та характер використання ресурсів. Скорочення приміських екосистем, вирубка лісів, зміни характеру землекористування призводять до лісових та торф'яних пожеж, паводків, ураганів. Значною загрозою є кліматичні зміни, цілком пов'язані із «диханням» міста, та значними обсягами емісій парникових газів.

Між урбанізаційними процесами та станом безпеки міського середовища існують складні багатоелементні зв'язки, врахування яких необхідне для досягнення сталої урбанізації, зменшення ризиків та вразливості населення до небезпек різного генезису, в тому числі пожеж техногенного походження. Тому актуальним є дослідження особливостей проявів пожеж в міських населених пунктах для виявлення основних закономірностей їх ризиків у співвідношенні до особливостей урбанізаційних процесів в країні.

## **2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит**

*Об'єктом дослідження є пожежі техногенного походження. В містах і в сільських населених пунктах пожежі є одними з найбільш розповсюджених подій, що призводять до великої кількості жертв та значних матеріальних збитків.*

За статистичними даними [1], спостерігається їх абсолютне збільшення за останні роки. Так, загальне число пожеж техногенного походження зросло вдвічі – з 40237 у 1999 р. до 83116 у 2017 р. [2, 3]. Для міст характерна аналогічна динаміка зростання кількості пожеж з 28053 у 1999 р. до 47171 у 2017 р. [1].

Тільки за 7 місяців 2018 р. в Україні зареєстровано 43473 пожежі [1]. Хоча, порівняно з аналогічним періодом 2017 року спостерігається зменшення кількості пожеж на 13,6 %, кількість загиблих унаслідок пожеж людей збільшилась на 2,4 %. В середньому, упродовж 2018 р. щодня виникало 205 пожеж, на яких гинуло 5 і отримувало травми 4 людей.

Матеріальні втрати від пожеж склали 163404 тис. у. о. (з них прямі збитки становлять 42265 тис. у. о.). Щоденні матеріальні втрати від пожеж становили суму близько 771 тис. у. о. Кожною пожежею державі наносились прямі збитки приблизно на суму 1 тис. у. о. [1].

Серед об'єктів пожеж найбільшу кількість складають будинки та споруди житлового призначення (41,1 %), транспортні засоби (5,5 %) та інші об'єкти (4,1 %)

Розподіл кількості пожеж по регіонам України свідчать про їх підвищену небезпеку в найбільш урбанізованих та промислово розвинених областях, а

саме: Київській, Дніпропетровській, Харківській, Одеській, Запорізькій. Більша частина пожеж (у 2018 році – 61,1 %) припадає на міста, селища міського типу (сmt) і довколишньої території. Питома вага пожеж у містах перевищує показник по державі також у Дніпропетровській (74,0 %), Запорізькій (70,1 %), Харківській (67,5 %) та Одеській (62,6 %) областях [1].

Таким чином, в сучасних умовах проживання населення, в населених пунктах існують високі ризики людських жертв та матеріальних втрат внаслідок високої інтенсивності проявів пожеж. Особливо високий рівень пожежонебезпеки притаманний містам з концентруванням небезпечних об'єктів промисловості, енергетики, транспорту та підвищеною щільністю міського населення.

### **3. Мета та задачі дослідження**

*Метою дослідження є аналіз динаміки надзвичайних ситуацій, пов'язаних з пожежами техногенного походження, в залежності від характеру урбанізаційних процесів в Україні.*

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Визначити характер залежності показників надзвичайних ситуацій природного і техногенного походження за період 1997–2017 рр. в Україні від демографічного фактору.

2. На основі аналізу динаміки пожеж техногенного походження обґрунтувати причини змін кількості пожеж у міських системах.

3. Виявити характер залежності ризиків загибелі у пожежах для населення в залежності від фактору урбанізації.

### **4. Дослідження існуючих рішень проблеми**

Масштаби і темпи урбанізації викликають у всьому світі глобальні безпекові проблеми. До них відносяться обумовлені викидами парникових газів кліматичні зміни, швидке скорочення територій природних ландшафтів і біологічного різноманіття та інші.

Розширення впливу міст на довкілля далеко за межі адміністративних кордонів пов'язують з виробництвом сільськогосподарської продукції та інших засобів існування населення [4]. Збільшенням площ непроникної поверхні порушує режим водного стоку та підсилює загрози гідрологічного та геологічного характеру [5].

Останніми десятиріччями розвиток міст пов'язують із досягненням соціальної, економічної та екологічної сталості. Політика «сталого урбанізації» [6] включає охорону довкілля, екологічне планування землеустрою, будівництва житла та інші аспекти благополуччя зростаючого населення. Проте, сталий розвиток міст в період змін клімату та дефіциту ресурсів вимагає розроблення нових стратегій. Так, автори роботи [7] пов'язують екологічну безпеку міст більш із зростанням економічного та ринкового капіталу, ніж із традиційною концепцією сталого розвитку. Нова стратегія, запропонована авторами, отримала назву «Безпековий урбанізм та стала інфраструктура» (SURI).

Однак, наслідки нових стратегій фактично не досліджені та можуть суттєво відрізнятись для міст із різними типами соціально-економічного розвитку та різними рівнями матеріального благополуччя, культурного і освітнього потенціалу населення. Наприклад, автори роботи [8] пов'язують ризики від стихійних лих в межах урбанізованих територій, в основному, із вразливістю бідної частини мешканців в країнах, що розвиваються.

Дійсно, міста, спираючись на людські, інтелектуальні, фінансові та матеріальні ресурси, можуть забезпечувати захист не тільки від змін навколишнього середовища, але й від стихійних лих. Але міське планування, спеціальні інженерні проекти та інші рішення формують безпеку для частки міських мешканців та не забезпечують рівноправного і стійкого зменшення ризиків, пов'язаних із стихійними лихами.

Також, є невирішеним питання визначення причинно-наслідкового зв'язку між динамікою надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного походження і відповідним рівнем екологічної безпеки території, та особливостями урбанізаційних процесів.

Дослідження, проведені в Україні щодо аналізу кількісних змін НС діагностують їх поступове зменшення за роками [9] при переваженні НС техногенного походження над природними в більшості регіонів країни [10]. Проте, не досліджуються причини негативної динаміки НС за умови різкого збільшення загальної агресивності довкілля.

Зростання частоти проявів пожеж цілком відповідає тенденціям урбогених змін клімату, що показано численними дослідженнями [11, 12]. При цьому на перше місце виступає проблема розроблення системи індикаторів як для оцінювання кліматичних змін, так й для розроблення програм адаптації міст до них.

Методи статистичного аналізу застосовуються для розроблення методології визначення потоку пожеж та їх одночасності в містах [13]. Прогноз пожеж із використанням закону розподілу рідкісних подій дає можливість оперативно ліквідувати декілька одночасно виниклих пожеж.

Альтернативний варіант вирішення проблеми прогнозування наслідків пожеж пов'язаний із використанням інформаційних систем. Геоінформаційні технології дозволяють не тільки визначати місця розташування джерел спалахів [14]. Авторами роботи [15] запропоновані методи визначення зон вражаючих факторів наслідків пожеж та відповідних ризиків для населення. Методологія дозволяє класифікувати «об'єкти турботи» відповідно зонам дії вражаючих факторів. Ідентифіковані умови розвитку сценаріїв каскадних аварійних ситуацій при одночасних пожежах для груп близько розташованих потенційно небезпечних об'єктів [16].

На базі енергетичного підходу авторами роботи [17] розраховані енергетичні показники ефективності системи моніторингу НС, що пов'язані з пожежами, та показані перспективи активного попередження та ліквідації джерел небезпек на державному рівні порівняно з регіональним. Для розроблення превентивних заходів важливі дослідження щодо впливу на кількість міських пожеж маловивчених факторів просторової структури міста,

якості будівельних матеріалів, навіть суспільної охорони здоров'я і освіти населення [18]. Значення просвітницької роботи з населенням для зменшення частоти та потужності пожеж також відмічена авторами роботи [19].

Але істотною проблемою залишається втілення академічних досліджень в практику протипожежних і рятувальних служб.

Таким чином, результати аналізу дозволяють зробити висновок, що між особливостями міст, міського населення та надзвичайними ситуаціями, обумовленими пожежами техногенного походження, існують складні, нелінійні зв'язки. Їх всебічне вивчення необхідне для вирішення великого кола завдань моніторингу, попередження, ліквідації наслідків пожеж. В цілому, вивчення основних чинників та закономірностей прояву НС важливе для розроблення інструментів управління ризиками пожеж на урбанізованих територіях.

## 5. Методи досліджень

В роботі використані методи статистичного та функціонального аналізу. В якості основних джерел даних для дослідження була використана статистична інформація Державної служби України з надзвичайних ситуацій [1], а також статистичних щорічників [2] та бюлетенів за означений період [3].

Лінійна нормалізація даних в межах (0; 1) проведена за рівнянням:

$$r_{ij} = \frac{\{X_{ij} - \min(X_j)\}}{\{\max(X_j) - \min(X_j)\}}, \quad (1)$$

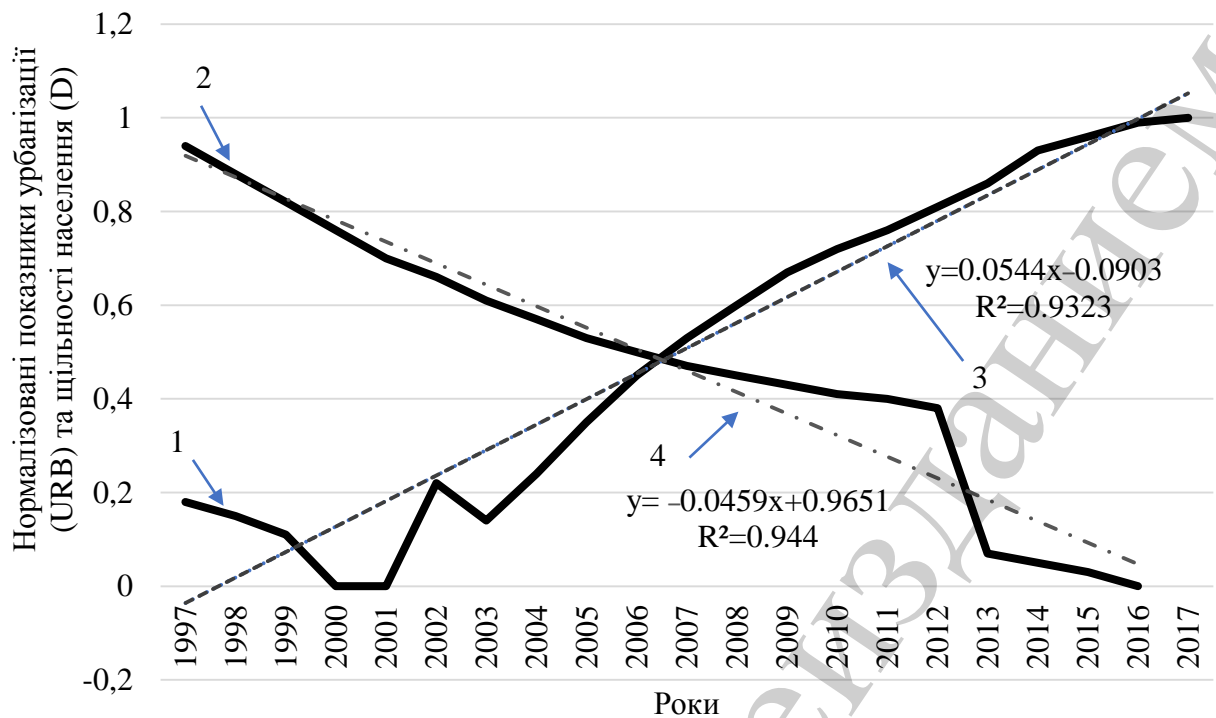
де  $X_{ij}$  – значення  $j$  показника по рокам  $i$ ,  $\max(X_j)$  та  $\min(X_j)$  – відповідно, максимальне та мінімальне значення показника з усіх років.

Нормалізація статистичних даних проведена із застосуванням бібліотеки Панда пакету Python, серія DataFrame, версія v0.22.0. Також використано функцію – лінія тренду програмного забезпечення MS Office Excel на діаграмах, яка відповідає достовірності апроксимації статистичних даних рівнянням регресії.

## 6. Результати дослідження

### 6.1. Аналіз динамічних змін темпів урбанізації та щільності населення за період 1997–2017 рр.

Повільне зростання рівня урбанізації в 1,03 разів, до 69,26 % з 1990 року до наступного часу відбувалось на фоні різкого скорочення населення. За означений період зменшення загальної чисельності склала майже 10 млн. Ця тенденція притаманна і міському населенню, чисельність якого зменшилась в 1,2 рази – від 35085,2 тис. до 29357,7 тис. [20]. Таким чином, урбанізаційний процес в Україні відрізняється від багатьох інших країн світу зворотно пропорційним зв'язком із щільністю населення (рис. 1).



**Рис. 1.** Динаміка урбанізації та щільності населення за нормалізованими значеннями за період 1997–2017 рр.: 1 – нормалізований показник урбанізації (*URB*); 2 – нормалізований показник щільності населення (*D*); 3 – лінія тренду (*Urb*); 4 – лінія тренду (*D*)

## 6.2. Визначення функціональної залежності показників надзвичайних ситуацій природного і техногенного походження в Україні від демографічного фактору

Між урбанізацією та рівнем небезпеки території країни існують складні багатоелементні зв'язки, вивчення та врахування яких необхідне для досягнення сталої урбанізації, збереження навколишнього природного середовища. З одного боку, масштаби впливу урбанізації призводять до збільшення ризиків та вразливості населення до небезпек природного чи техногенного походження. Але, стрімке падіння щільності населення, в тому числі, міського, впливає на динаміку проявів небезпечних подій.

Розраховані питомі показники кількості НС природного і техногенного характеру [2, 3] із врахування чисельності населення [20] та їх нормалізовані за рівнянням (1) значення наведені в табл. 1.

**Таблиця 1**

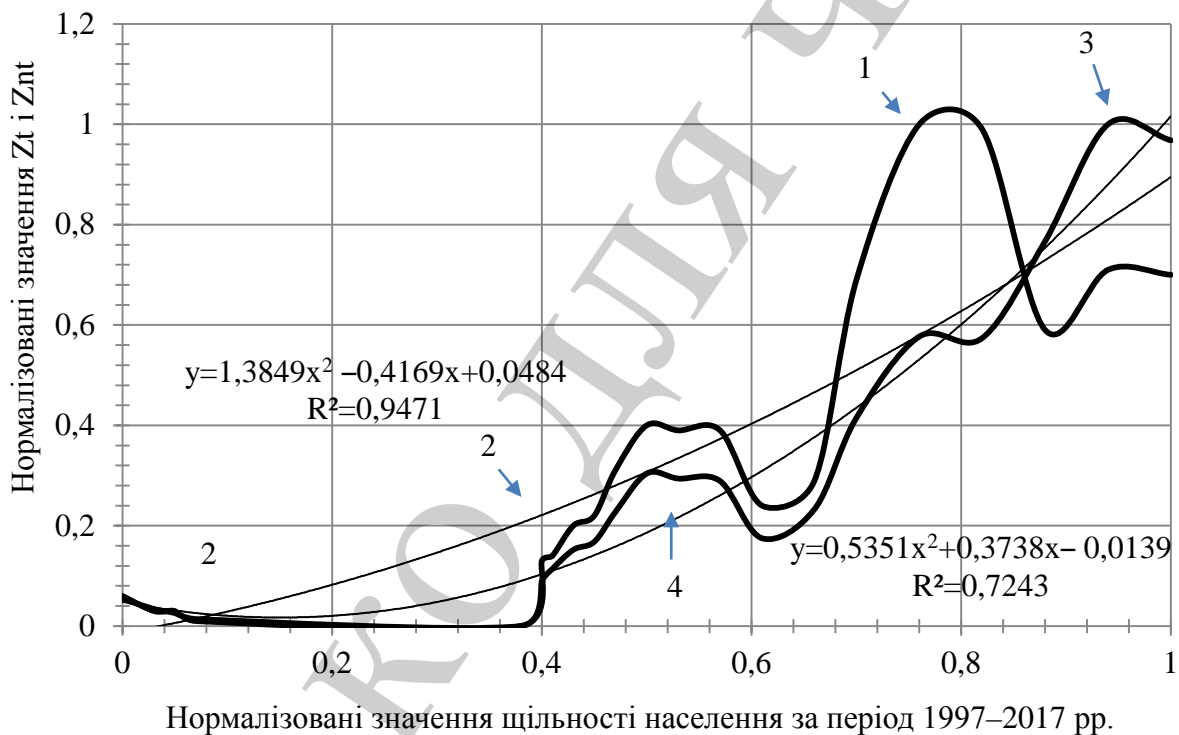
Нормалізовані показники кількості надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження\*

Рік	<i>Urb</i>	<i>D</i>	$Z_t$	$Z_{nt}$	Рік	<i>Urb</i>	<i>D</i>	$Z_t$	$Z_{nt}$
1997	0,18	1	0,70	0,968	2008	0,60	0,47	0,31	0,227
1998	0,15	0,94	0,71	1	2009	0,67	0,45	0,22	0,168
1999	0,11	0,88	0,59	0,767	2010	0,72	0,43	0,20	0,152
2000	0	0,82	0,99	0,574	2011	0,76	0,41	0,14	0,114
2001	0	0,76	1	0,577	2012	0,81	0,40	0,13	0,090

2002	0,22	0,70	0,69	0,415	2013	0,86	0,38	0	0
2003	0,14	0,66	0,29	0,233	2014	0,93	0,07	0,01	0,014
2004	0,24	0,61	0,24	0,175	2015	0,96	0,05	0,03	0,026
2005	0,35	0,57	0,39	0,289	2016	0,99	0,03	0,03	0,034
2006	0,45	0,53	0,39	0,294	2017	1	0	0,06	0,0542
2007	0,53	0,50	0,40	0,304	–	–	–	–	–

**Примітка:** \* – показник урбанізації –  $Urb$ , показник щільності загального населення –  $D$ , показник загальної кількості НС –  $Z_t$ , показник кількості НС природного та техногенного характеру –  $Z_{nt}$ .

Аналіз залежності проявів надзвичайних ситуацій від щільності населення за нормалізованими значеннями (рис. 2) показав високий ступінь кореляції демографічного чинника та кількості НС. Це означає, що на зменшення числа проявів небезпечних подій за роками переважно впливає фактор скорочення населення за умови більш повільних темпів урбанізації.



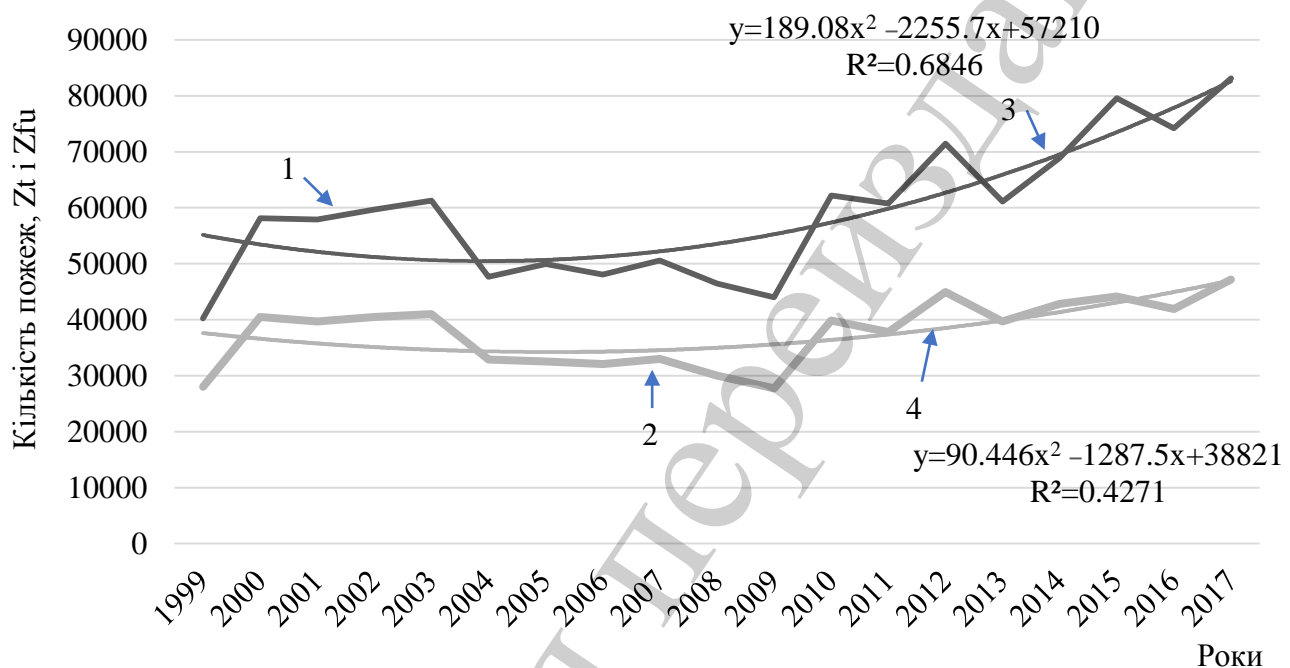
**Рис. 2.** Функціональна залежність проявів надзвичайних ситуацій від щільності населення за нормалізованими значеннями: 1 –  $Z_t$ ; 2 – лінія тренду  $Z_t$ ; 3 –  $Z_{nt}$ ; 4 – лінія тренду  $Z_{nt}$

### 6.3. Аналіз динаміки кількості пожеж техногенного походження, в тому числі, в міських населених пунктах

На фоні загального зменшення кількості НС природного та техногенного походження в Україні, як відмічалось вище, пожежі, частота проявів яких поступово зростає за роками [1], представляють найвищий рівень загроз.

Збільшення кількості пожеж у міських населених пунктах має, по-перше, суб'єктивні причини, пов'язані із людським фактором. В середньому, не менш

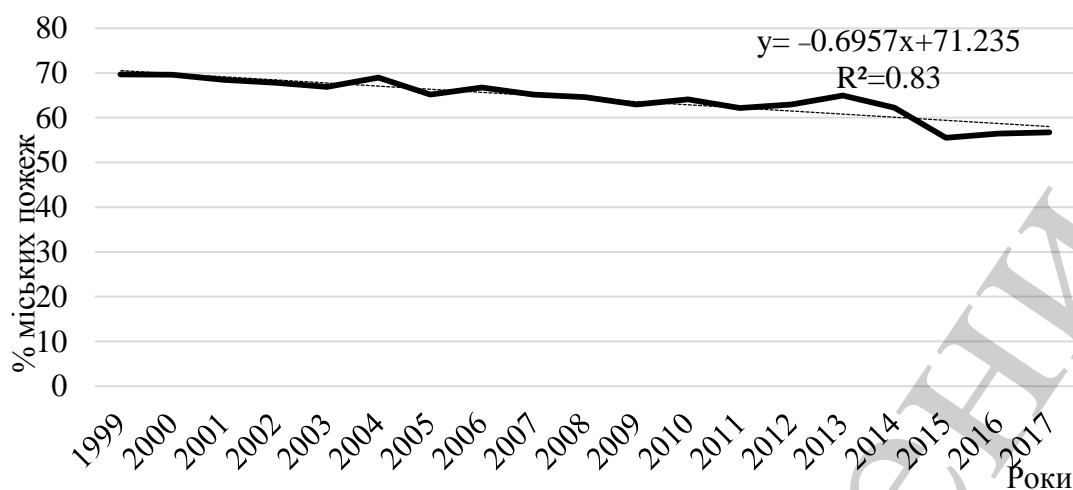
85 % [1, 3] міських пожеж виникає в результаті виробничої (порушення правил техніки безпеки) чи повсякденної діяльності населення. З них не менш 70 % [2] є наслідком необережного поводження з вогнем. Основою для зростання кількості пожеж в населених пунктах є об'єктивні умови техногенно-урбогенного довкілля. Збільшення температури непроникної поверхні, значне потепління міського мезоклімату внаслідок викидів парникових газів створюють «острова спекоти» з підвищеним рівнем пожежної небезпеки. Обидві тенденції підсилюють одна одну, що проявляється в зростанні кількості пожеж техногенного походження, яке представлено на рис. 3.



**Рис. 3.** Динаміка кількості пожеж в міських системах протягом 1999–2017 рр.:  
 1 – загальна кількість пожеж ( $Z_t$ ); 2 – кількість пожеж в міських системах ( $Z_{fu}$ );  
 3 – лінія тренду ( $Z_t$ ); 4 – лінія тренду ( $Z_{fu}$ )

Побудовані лінії тренду показують, що число міських пожеж коливається біля середнього рівня 37–39 тисяч випадків за рік на фоні зростаючої загальної кількості пожеж. Тож, відсоток міських пожеж поступово зменшується, як показано на рис. 4, з високим коефіцієнтом кореляції ( $R^2=0,83$ ). Аналогічна закономірність притаманна відсотку загиблих у міських пожежах [1].





**Рис. 4.** Зміни частки міських пожеж за період 1999–2017 рр.

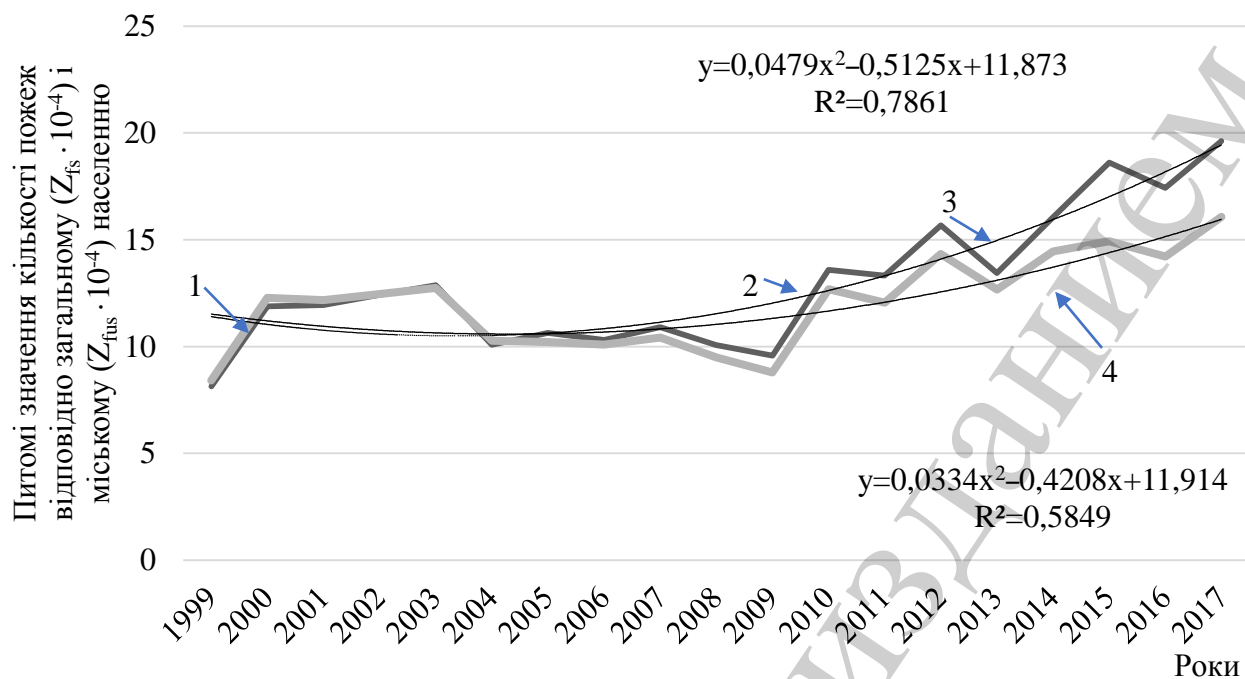
Оцінювання рівня пожежонебезпеки міського середовища не може не враховувати демографічний фактор. Аналіз розрахованих відповідно до чисельності населення показників кількості пожеж (табл. 2) показав їх зростання на рівні країни ( $R^2=0,79$ ), та міських населених пунктів ( $R^2=0,59$ ) (рис. 5).

**Таблиця 2**

Розраховані показники динаміки пожеж в Україні за період 1999–2017 рр.\*

Рік	$Z_{fs} \cdot 10^{-4}$	$Z_{fs}$	$Z_{fus} \cdot 10^{-4}$	$Z_{nt}$	$R_f$	$R_{fu}$
1	3	4	5	6	7	8
1999	8,14	0	8,42	0,018	0	–
2000	11,89	0,327	12,28	0,656	0,494	–
2001	11,95	0,332	12,18	0,615	0,649	–
2002	12,43	0,374	12,46	0,656	0,785	–
2003	12,87	0,412	12,75	0,683	0,851	1
2004	10,09	0,170	10,28	0,266	0,804	0,941
2005	10,64	0,218	10,21	0,248	1	–
2006	10,31	0,189	10,10	0,225	0,940	–
2007	10,91	0,241	10,42	0,271	0,938	0,943
2008	10,07	0,168	9,50	0,118	0,887	0,799
2009	9,58	0,126	8,79	0	0,587	0,594
2010	13,59	0,475	12,69	0,626	0,413	0,408
2011	13,32	0,452	12,05	0,519	0,440	0,426
2012	15,68	0,657	14,33	0,887	0,387	0,421
2013	13,45	0,463	12,67	0,616	0,270	0,309
2014	16,05	0,689	14,45	0,779	0,215	0,212
2015	18,61	0,913	14,93	0,845	0,072	0,013
2016	17,43	0,810	14,21	0,729	0,038	0
2017	19,61	1	16,07	1	0,015	0,036

**Примітка:** \* – питомий показник загальної кількості пожеж  $-Z_{fs} \cdot 10^{-4}/1$  особу, нормалізоване за рівнянням (1) значення показника загальної кількості пожеж  $-Z_{fs}$ ; питомий показник кількості пожеж в містах  $-Z_{fus} \cdot 10^{-4}/1$  особу, нормалізоване за рівнянням (1) значення показника кількості пожеж в містах  $-Z_{fus}$ ; нормалізоване за рівнянням (1) значення індивідуального ризику всього населення  $-R_f$ ; нормалізоване за рівнянням (1) значення індивідуального ризику міського населення  $-R_{fu}$ .

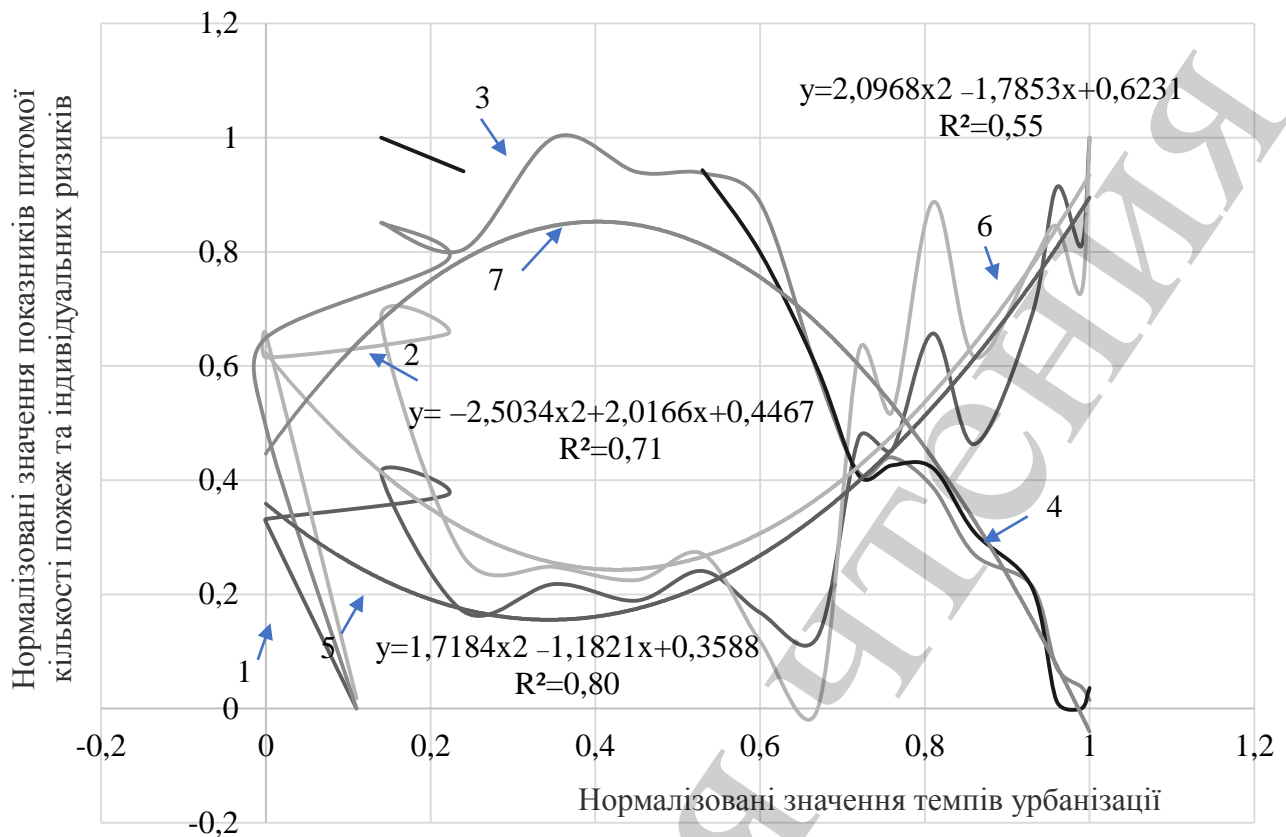


**Рис. 5.** Залежності питомих показників загальної кількості пожеж та пожеж в міських системах протягом 1999–2017 рр.: 1 – питоми значення загальної кількості пожеж ( $Z_{fs} \cdot 10^{-4}$ ); 2 – питоми значення кількість пожеж в міських системах ( $Z_{fus} \cdot 10^{-4}$ ); 3 – лінія тренду ( $Z_{fs}$ ); 4 – лінія тренду ( $Z_{fus}$ )

#### 6.4. Аналіз ризиків загибелі населення від пожеж техногенного походження

Оскільки масштаби урбанізації призводять до збільшення вразливості населення, проведений функціонально-графічний аналіз (рис. 6) нормалізованих показників питомої кількості загальних і міських пожеж, та відповідних ризиків для міського та загального населення від темпів урбанізації (табл. 1, 2).

Лінії тренду показують, що урбанізація на перших етапах підсилює та ініціює ризики загибелі на фоні зменшення випадків пожеж, як в містах, так й в сільській місцевості. Але, на рівні урбанізації 68 %, значення цих показників різко змінюються в протилежних напрямках.



**Рис. 6.** Функціональні залежності показників: 1 – загальної кількості пожеж  $Z_{fs}$ , 2 – пожеж в міських системах  $Z_{fus}$ , 3 – індивідуальних ризиків всього населення  $R_{ft}$ , 4 – індивідуальних ризиків міст  $R_{fu}$  від темпів урбанізації: 5 – лінія тренду  $Z_{fs}$ , 6 – лінія тренду  $Z_{fus}$ , 7 – лінія тренду  $R_{ft}$

Лінії трендів ризиків та кількості пожеж мають X-подібний вид. Це означає, що кількість випадків пожеж буде різко збільшуватися, навіть по відношенню до значення показників на початку періоду розглядання. Для міського середовища це збільшення більш вагоме. Ризики загибелі від пожеж для будь-якого населення практично співпадають, та демонструють чітку тенденцію до абсолютного зменшення.

Таким чином, на рівні до 68 % міського населення, демографічний фактор впливає на зростання ризиків загибелі при зменшенні кількості пожеж техногенного походження. Подальша урбанізація призводить до різкого збільшення числа НС. При цьому демографічний і урбогенний фактори діють в одному напрямку зменшення ризиків загибелі від пожеж.

Крім скорочення щільності населення, міського в тому числі, на рівень безпеки людини впливають фактори зростання організаційно-технічного потенціалу та кращого фінансування Державної Служби Надзвичайних Ситуацій (ДСНС), якості швидкої допомоги, впровадження інших заходів щодо запобігання та пом'якшення наслідків пожеж. Така тенденція характерна також для всіх основних типів НС. Сукупність урбанізаційних процесів не тільки збільшують можливість пожеж, але й, одночасно, можуть скорочувати вразливість населення і, особливо, міських жителів. Міста мають значні

людські, технічні, та матеріальні ресурси, і можуть забезпечувати кращий захист від небезпечних подій.

## 7. SWOT-аналіз результатів досліджень

*Strengths.* Проведений аналіз динаміки кількості пожеж техногенного походження, в тому числі, в міських населених пунктах, матиме наступні корисні властивості. Оцінювання рівня пожежонебезпеки міського середовища не може не враховувати демографічний фактор. Аналіз розрахованих відповідно до чисельності населення показників кількості пожеж з високими коефіцієнтами кореляції показав їх зростання на рівні країни ( $R^2=0,79$ ), та в міських населених пунктах ( $R^2=0,59$ ). Аналіз ризиків загибелі від пожеж для населення показав, що урбанізоване середовище створює підвищенні ризики для прояву пожежонебезпечних ситуацій.

Позитивним фактором є те, що ризики життю міського населення від пожеж проявляють тенденцію до зменшення, що пояснюється цілим рядом суб'єктивних та об'єктивних причин. Виявлений вплив чинників урбанізаційних процесів на розраховані показники проявів пожеж дозволяє більш цілеспрямовано розробляти заходи протидії пожежам з метою захисту людей та майна в районах підвищеної щільності населення.

*Weaknesses.* Матеріальні збитки від усіх типів негативних подій протягом періоду розглядання неухильно збільшуються. При цьому практично не враховуються вторинні ефекти від НС, які, наприклад, пов'язані із пошкодженнями транспортної та комунікаційної інфраструктури, втратами виробництв, відмовами систем життєзабезпечення громадян, спалахами інфекційних захворювань та іншими. Такі «вторинні» невраховані втрати можуть значно перебільшувати прямі та загальні матеріальні збитки від НС.

*Opportunities.* Методологія врахування демографічних особливостей урбанізаційних процесів для аналізу динаміки проявів НС техногенного походження, в тому числі пожеж в міських системах, дозволяє подолати складні проблеми оцінювання ризиків.

Ризики для населення від природних катастроф чи техногенних аварій мають загальні власні характеристики. Тож, дослідження щодо частоти ризиків виникнення НС, причин та соціально-економічних наслідків цікаві не тільки для України. Урбанізація сьогодні охопила майже всі країни світу. Вивчення особливостей впливу сполучених факторів урбанізаційного процесу на формування стану екологічної безпеки має загальнонаукове значення.

Застосування демографічних показників, які змінюються паралельно урбанізації, дозволяє усунути обмеження методів функціонально-статистичного аналізу. Виявлення функціональних залежностей динамічних змін проявів НС від факторів урбанізації важливо для організації практичної діяльності рятувальних служб.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з тим, що вплив урбанізації розповсюджується далеко за межі міських поселень та обумовлює рівень глобальної безпеки території. Тож, в систему оцінок параметрів безпеки необхідно вводити інтегральний індекс урбанізації. Розроблення системи

показників такого індексу є перспективним розвитком досліджень сполученого зв'язку урбанізації та безпеки країни.

*Threats.* Слабкою стороною проведеного аналізу пов'язана із методологією збору статистичних даних. Природні лиха як і техногенні аварії, проявляють високу ступінь ймовірності та мають циклічний характер, для вивчення якого потрібні більш тривалі, ніж двадцятирічні, дослідження.

Рівень ризику несприятливих подій, обумовлених урбанізацією, є недооціненим внаслідок деяких причин. По-перше, недосконала методологія збору даних на основі регіональних та міських баз призводить до недооцінювання НС частого, але малого масштабу. По-друге, ускладнення при оцінюванні міських ризиків виникають, коли негативні процеси охоплюють лише частину урбанізованої території, або виходять за її межі.

Таким чином, спосіб врахування НС в Україні призводить до недооцінювання найважливіх чинників формування небезпек природного та техногенного характеру.

## 8. Висновки

1. На основі графічного аналізу статистичних даних за період 1990–2017 рр. показано, що урбанізаційний процес в Україні відрізняється від багатьох інших країн світу зворотно пропорційним зв'язком із щільністю населення. Повільне зростання рівня урбанізації в 1,03 разів відбувається на фоні різкого скорочення населення, яке склало майже 10 млн. При цьому чисельність міського населення зменшилась в 1,2 рази.

Показане, що стрімке падіння щільності населення, в тому числі, міського, впливає на динаміку проявів небезпечних подій. Функціональна залежність показників числа надзвичайних ситуацій за нормалізованими значеннями показує високий ступінь кореляції ( $R^2=0,9471$  для нормалізованого показника загальної кількості НС;  $R^2=0,7243$  для показнику кількості НС природного та техногенного походження) із щільністю населення.

SWOT-аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що скорочення числа надзвичайних ситуацій за роками не може однозначно свідчити про зменшення агресивності урбанізованого довкілля, та пов'язане з особливостями методології представлення даних.

2. Аналіз динаміки пожеж техногенного походження показав їх збільшення за 20-річний період, в тому числі, в містах. Обґрунтовані суб'єктивні причини, пов'язані із людським фактором та об'єктивні умови техногенно-урбогенного довкілля.

Функціонально-графічний аналіз показав, що число міських пожеж коливається біля середнього рівня 37–39 тисяч випадків за рік на фоні зростаючої загальної кількості пожеж. Тож, з високим коефіцієнтом кореляції ( $R_2=0,83$ ) показане поступове зменшення частки міських пожеж.

Проведений аналіз розрахованих показників кількості пожеж відповідно до чисельності населення показав, з високими коефіцієнтами кореляцій їх зростання по країні ( $R^2=0,79$ ), та в міських населених пунктах ( $R^2=0,59$ ).

Складні, нелінійні та взаємозалежні фактори урбогенно-техногенного середовища формують ризики пожеж, за якими вразливість міст може суттєво відрізнятись між собою та від загальнонаціонального рівня.

3. Аналіз частоти проявів пожеж, та відповідних ризиків населенню показав, що урбанізоване середовище створює підвищенні ризики для прояву пожежонебезпечних ситуацій.

На основі функціонально-графічного аналізу показано, що урбанізація на перших етапах підсилює та ініціює ризики загибелі на фоні зменшення випадків пожеж, як в містах, так й в сільській місцевості. Проте, на рівні урбанізації вище 67 %, значення цих показників різко змінюються в протилежних напрямках. Ризики загибелі від пожеж для міського та загального населення практично співпадають, та демонструють чітку тенденцію до абсолютного зменшення.

Подальша урбанізація до рівня 68,5 % призводить до різкого збільшення числа пожеж. При цьому, демографічний фактор зменшення щільності населення і урбогенний фактор зростання організаційно-технічного потенціалу рятувальних служб діють в одному напрямку зменшення ризиків загибелі людей від пожеж.

Розвиток міських агломерацій на основі концепції сталого розвитку вимагає розроблення нових підходів, спрямованих на протидію пожежам з метою захисту людей та майна в районах підвищеної щільності населення. Між урбанізаційними процесами та станом безпеки навколишнього природного середовища існують складні багатоелементні зв'язки, врахування яких необхідне для досягнення сталої урбанізації, зменшення ризиків та вразливості населення до різних небезпек природного чи техногенного походження.

Демографічні та урбанізаційні особливості, які є визначальними при формуванні стану екологічної безпеки, мають бути враховані при розробленні ризик-орієнтованих стратегій пом'якшення наслідків техногенних аварій та стихійних лих як на національному, так й на рівнях місцевого самоврядування.

## Література

1. Analiz masivu kartok obliku pozhezh // DSNS Ukrainy. URL: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analiz-masivu-kartok-obliku-pozhezh.html> (Last accessed: 14.03.2018)
2. Natsionalna dopovid pro stan tekhnogennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini // VDISP UKkrNDITsZ. URL: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Nacionalna-dopovid-pro-stan-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html> (Last accessed: 24.02.2018)
3. Analitichnyi ohliad stanu tekhnogennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini. URL: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini-za-2015-rik.html> (Last accessed: 10.05.2018)
4. Pelling M. Urbanization and Disaster Risk // Panel contribution to the Population-Environment Research Network Cyberseminar on Population and Natural Hazards. 2007. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/c64e/27e09397149d4fdb7997ace325571275782e.pdf> (Last accessed: 15.04.2018)

5. El Garouani A. Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data: Case of Fez, Morocco // *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2017. Vol. 6, Issue 1. P. 160–169. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.02.003>
6. Tan Y., Xu H., Zhang X. Sustainable urbanization in China: A comprehensive literature review // *Cities*. 2016. Vol. 55. P. 82–93. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cities.2016.04.002>
7. Hodson M., Marvin S. “Urban Ecological Security”: A New Urban Paradigm? // *International Journal of Urban and Regional Research*. 2009. Vol. 33, Issue 1. P. 193–215. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2009.00832.x>
8. Wamsler C. Managing urban risk: perceptions of housing and planning as a tool for reducing disaster risk // *Global Built Environment Review*. 2004. Vol. 4, Issue 2. P. 11–28. URL: <http://portal.research.lu.se/portal/files/2698440/3629168.pdf> (Last accessed: 06.12.2017)
9. Determination of trend and regularities of occurrence of emergency situations of technogenic and natural character in Ukraine / Kolesnik V. Ye. et. al. // *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2017. Issue 6. P. 124–131. URL: <http://nvngu.in.ua/index.php/en/home/1518-engcat/archive/2017-eng/contents-6-2017/environmental-safety-labour-protection/4238-determination-of-trends-and-regularities-of-occurrence-of-emergency-situations-of-technogenic-and-natural-character-in-ukraine> (Last accessed: 14.02.2018)
10. Tiutiunyk V. V. Otsinka vidnosnoi intensyvnosti mizh nadzvychainymy sytuatsiiami pryrodnoho ta tekhnogennoho kharakteru v rehionakh Ukrainy // *Problemy nadzvychainykh sytuatsii*. 2015. Vol. 21. P. 112–120. URL: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol21/Tiutiunik.pdf> (Last accessed: 20.03.2018)
11. Shevchenko O. H. Vrazlyvist urbanizovanoho seredovyscha do zminy klimatu // *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia*. 2014. Issue 4 (76). P. 167–172.
12. Moldan B., Janouskova S., Hak T. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets // *Ecological Indicators*. 2012. Vol. 17. P. 4–13. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
13. Hulida E. M., Voitovych D. P., Movchan I. O. Potik pozhezh ta yikh odnochasnist u mistakh // *Pozhezhna bezpeka*. 2017. Issue 31. P. 30–35. URL: <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/101> (Last accessed: 15.03.2018)
14. Prognozuvannya naslidkiv pozhezh za dopomogoyu informatsiynikh sistem / Kruchina V. V. et. al. // *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii*. 2015. Issue 68. P. 167–172. URL: <https://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/OIKIT/2015/OIKIT68/p167-172.pdf> (Last accessed: 16.03.2018)
15. Vasiutynska K., Arsirii O., Ivanov O. Development of the method for assessing the action zones of hazards in an emergency at a city filling station using geoinformation technology // *Technology Audit and Production Reserves*. 2017. Vol. 6, Issue 3 (38). P. 29–38. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.119505>

16. Visualization of the pool fire action zones with using MapInfo GIS for the number of filling stations of the Odessa (Ukraine) residential district / Vasiutynska K. et. al. // Technology Audit and Production Reserves. 2017. Vol. 1, Issue 3 (39). P. 30–39. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.124241>
17. Tiutiunyk V. V., Chornohor L. F., Kaluhin V. D. Vykorystannia enerhetychnoho pidkhodu dlia otsinky efektyvnosti funktsionuvannia kompleksnoi avtomatyzovanoi systemy monitorynhu, poperedzhennia ta likvidatsii nadzvychainykh sytuatsii na lokalnii terytorii // Systemy obrobky informatsii. 2016. Issue 1 (138). P. 183–194. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2016\\_1\\_40](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2016_1_40) (Last accessed: 24.03.2018)
18. Jennings C. R. Social and economic characteristics as determinants of residential fire risk in urban neighborhoods: A review of the literature // Fire Safety Journal. 2013. Vol. 62. P. 13–19. doi: <http://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.07.002>
19. Clare J. Reduced frequency and severity of residential fires following delivery of fire prevention education by on-duty fire fighters: Cluster randomized controlled study // Journal of Safety Research. 2012. Vol. 43, Issue 2. P. 123–128. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jsr.2012.03.003>
20. Publikatsii dokumentiv Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy. URL: [https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2010/ds/kn/kn\\_u/kn1210\\_u.html](https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2010/ds/kn/kn_u/kn1210_u.html) (Last accessed: 24.03.2018)