

## ГЛОБАЛЬНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ

УДК 502/504:168:364.1

DOI: 10.31471/2415-3184-2022-1(25)-7-13

*В. М. Триснюк, Д. В. Варавін,  
Т. В. Триснюк*

*Інститут телекомунікацій і глобального  
інформаційного простору НАН України, м. Київ*

### ГЕОМОДЕЛІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ ПАНДЕМІЧНИХ ЗАГРОЗ НА ПРИКЛАДІ М. КИЄВА

Роботу присвячено вирішенню наукової проблеми удосконалення комплексного підходу управління урбанізованими територіями для покращення стану екологічної безпеки в умовах пандемічних загроз. Тенденції будівництва завжди відображали здатність еволюціонувати після кризи, а в умовах пандемії COVID-19 найбільш вразливими до ризику зараження виявились густонаселені мегаполіси. Підвищення рівня екологічної безпеки урбанізованого середовища потребує нові стратегії міського простору, підвищення просторової функціональності, децентралізації мегаполісів із збільшенням потенціалу мікромобільності. Формалізовано метод розрахунку показників екологічної безпеки районів м. Києва: Дарницький (20,984), Голосіївський (20,646), Дніпровський (19,417), Шевченківський (16,649), Деснянський (16,275), Солом'янський (14,743), Оболонський (12,560), Святошинський (11,916), Подільський (5,420), Печерський (1,758), що створює основу для наукових методів комплексної оцінки та оптимальних форм управління екологічною безпекою урбанізованих територій на прикладі м. Києва. Встановлено первинні закономірності поширення загроз пандемії в районах Києва, де інтенсивність зараження COVID-19 має виражений територіальний характер. Встановлено відповідність між кількістю інфікованих і загальною кількістю дитячих садків, шкіл, коледжів, вищих навчальних закладів у районах, що дає змогу внести відповідні корективи у розробку стабілізаційних заходів та створити умови для надійної безпеки життя людини з урахуванням критичних ситуацій. Пропонується вдосконалити Стратегію розвитку Києва з використанням передових інноваційних технологій зеленого будівництва для таких галузей міського розвитку, як містобудування, земельні відносини, житлово-комунальне господарство, транспорт і міська мобільність, громадський простір, енергозбереження, управління ресурсами, управління відходами, середовище безпеки та екополітика, децентралізація територій, збільшення просторової функціональності, збільшення зелених насаджень, збільшення потенціалу мікромобільності, поширення енергоефективних технологій та ефективного використання ресурсів, розрахунок всього життєвого циклу матеріалів, переробка відходів та належне утилізація їх небезпечного компонента, підвищення рівня екологічної безпеки для збереження здоров'я населення в умовах загроз пандемії.

**Ключові слова:** екологічна безпека, зелене будівництва, пандемія, урбанізоване середовище, екологічне управління.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Пандемія вплинула на всі сфери людського життя, що потребує докорінних змін у способах взаємодії та середовища існування людей. Особливо це стосується урбанізованих територій з великою концентрацією населення, що збільшує небезпеку зараження та ризику поширення вірусу. Зараз вже очевидно, що світ змінився назавжди і всі подальші плани мають бути узгоджені з особливими вимогами та заходами запобігання поширенню пандемії. Це стосується планування, забудови та облаштування урбанізованих територій, а також способів взаємодії людей та нових шляхів функціонування людини у побудованому середовищі. Створення екобезпечного середовища для протистояти епідеміям та іншим можливим надзвичайним ситуаціям потребує докорінного перегляду теорій планування та розробки нових моделей міського простору. Найбільш актуальні зараз мультидисциплінарні дослідження спрямовані на заохоченні до пошуку нових ідей, формування сучасних тенденцій та теорій планування урбанізованих територій, щоб забезпечити необхідний

захист від інфекційних захворювань. Професіонали в галузі архітектури та містобудування, дизайну побудованих середовищ та екобезпеки вже переключили свою увагу на пошук нових ідей для захисту населення у постпандемічну еру.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми управління екологічною безпекою міст розглянуто в роботах М. Абрамчук, Л. Гришиної, Д. Гулевець, С. Доценко, Л. Дромашко, І. Кобушко, Я. Мовчан, О. Рибалової, С. Бобилева, Д. Гіббса, О. Земскової, І. Кустишевої, С. Никонорова, К. Папенова, Б. Порфир'єва, Й. Сонга. Функціональний взаємозв'язок стану здоров'я населення й показників забруднення навколишнього середовища доведено дослідженнями Ю. Вороненка, Є. Гончарука. Рівновагу урбанізованих систем розглядалися в працях М. Голубця, В. Владимірова, В. Кучерявого, В. Маслова, Б. Посацького, Н. Реймерса, А. Тетиора, М. М. Назарук. Найбільш перспективною сучасною концепцією розвитку міст загальноновизнано будівництво по екологічним стандартам або зелене будівництво, яке покладено в основу інноваційного містобудування і розвитку будівельного комплексу.

**Мета та завдання роботи** Метою роботи є удосконалення комплексного підходу управління урбанізованими територіями для покращення стану екологічної безпеки в умовах пандемічних загроз.

**Викладення основного матеріалу.** Сучасний стан екологічної безпеки урбаністичного простору сформувався під тиском запобіжних заходів, розроблених для забезпечення здоров'я, гігієни та комфорту населення. Тенденції будівництва завжди відображали здатність еволюціонувати після кризи, а в умовах пандемії COVID-19 найбільш вразливими до ризику зараження виявились густонаселені мегаполіси. Для створення екобезпечного середовища для запобігання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій необхідно розробити нові стратегії планування міського простору [1].

Проаналізовано економічні, соціальні та екологічні наслідки пандемії для розвитку міст. Найбільш актуальні зараз мультидисциплінарні дослідження у напрямку удосконалення побудованого середовища для захисту людей в умовах пандемічних загроз. Узагальнено міжнародний досвід заходів, які було реалізовано для боротьби з пандемією COVID-19 та виходу з економічної та соціальної кризи. Наведено приклади заходів, запроваджених в різних країнах світу для подолання кризи COVID-19 у містах. Пандемія COVID-19 стала каталізатором ефективності державного управління, коли довіра громадян до урядів зростає в одних країнах і зменшується в інших.

Потрясіння внаслідок пандемії COVID-19 вимагають посилення акценту на стійкому розвитку міст для забезпечення превентивних та оперативних заходів у разі виникнення кризових ситуацій у майбутньому.

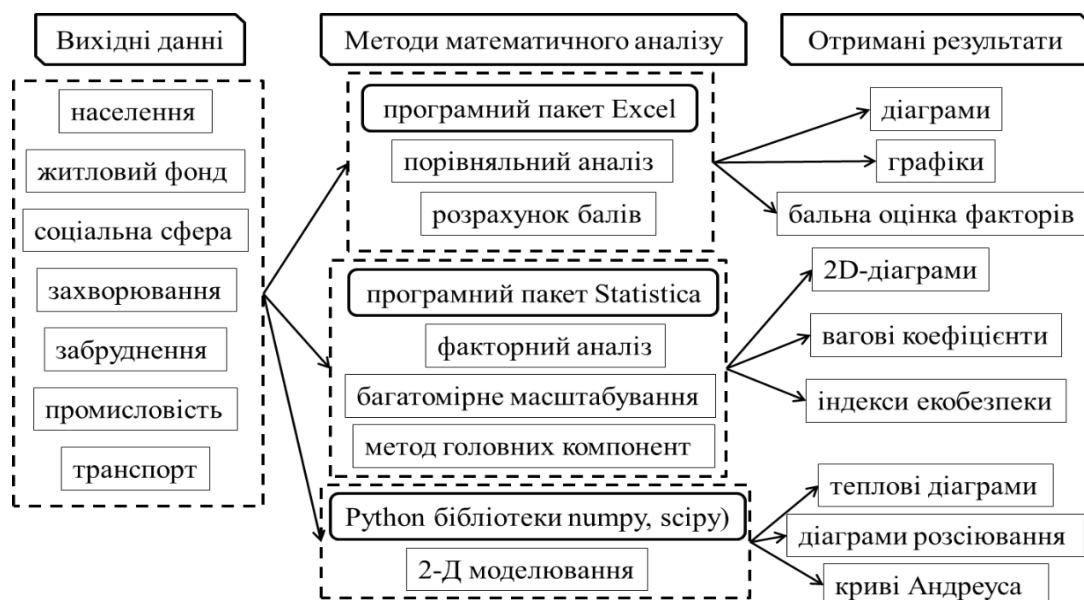
Для трансформації урбанізованих територій в умовах пандемії COVID-19 та у пост-пандемічний період в якості модельного прикладу запропоновано м. Київ. Успішне впровадження розробленої концепції у столиці сприятиме подальшому поширенню рекомендацій для трансформації побудованого середовища по всій території України.

Моделювання надзвичайних ситуацій за допомогою цифрових технологій дозволяє створити оперативну систему реагування і прогнозування різних сценаріїв розвитку екологічно небезпечних ситуацій. Визначено категорії стійкого розвитку урбанізованих територій в умовах пандемічних загроз на основі стандартів зеленого будівництва, які узгоджується з актуальною міжнародною тенденцією «зеленого відновлення міст»: 1) планування і управління; 2) економічне обґрунтування; 3) архітектура і функціональність; 4) землекористування і екологія; 5) транспорт і інфраструктура; 6) здоров'я і безпека; 7) якість і комфорт; 8) енергоефективність і ресурсозбереження; 9) мінімізація забруднень; 10) утилізація та рециклізація відходів; 11) соціально-культурні аспекти; 12) інновації [2].

Розроблено методологію оцінки стану екологічної безпеки урбанізованого середовища для зниження ризиків поширення інфекційних захворювань (рис. 1).

Внаслідок проведеного у програмі Statistica багатofакторного аналізу значного масиву даних виявлено основні групи факторів, до яких увійшли 48 показників стану екологічної безпеки м. Києва із суттєвими взаємними кореляціями [3].

Перший фактор включає демографічні характеристики населення районів та соціальне забезпечення, включаючи розподіл за статтю та віковими групами, доходи та витрати, дитячі садки та школи, тощо.


**Рис. 1. Схема дослідження**

Другий фактор описує загальні характеристики житлового фонду районів м. Києва, зокрема кількість будинків та квартир, загальна площа нових панельних житлових будинків, тощо.

Третій фактор включає параметри якості житлових умов з виділенням некондиційних будівель аварійного та ветхого типу, які в зеленому будівництві називають «рoor housing».

У четвертому факторі об'єднались екологічні та територіальні показники районів. У п'ятому факторі виявилась суттєва взаємна кореляція показників забруднення атмосферного повітря від стаціонарних джерел, розташованих у районах м. Києва.

Розроблено новий підхід до встановлення потенціалу реконструкції житлового фонду для певних районів м. Києва з використанням факторного аналізу з візуалізацією у вигляді багатомірного масштабування, застосуванням кривих Андреуса, побудовою проєкцій на ортогональні системи функції показників по районах м. Києва (рис. 2, 3). Метод Андреуса – це один з методів візуалізації багатовимірних даних для аналізу їх структури. Кожній точці даних  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  відповідає функція, що представляє собою кінцевий ряд Фур'є:

$$F_x(t) = \frac{x_1}{\sqrt{2}} + x_2 \sin t + x_3 \cos t + x_4 \sin 2t + x_5 \cos 2t + \dots, \quad (1)$$

де  $t \in [-\pi, \pi]$

Якщо данні мають певну структуру, то вона відображається на графіках функцій, при цьому криві Андреуса змінюють форму в залежності від порядку представлення параметрів (рис. 4). Наприклад, на рис. 4(а) параметри представлені у такій послідовності: загальні обсяги викидів, розмір території району, викиди  $\text{CO}_2$ , кількість постійного населення, кількість осіб у аварійних житлових будинках, кількість осіб у ветхих житлових будинках, загальна кількість будинків у районах м. Києва [4].

На рис. 4-б порядок представлення параметрів змінено: викиди  $\text{CO}_2$ , загальні обсяги викидів, розмір території району, кількість постійного населення, кількість осіб у аварійних житлових будинках, кількість осіб у ветхих житлових будинках, загальна кількість будинків у районі. Представлено приклади різних форм візуалізації даних з застосуванням кривих Андреуса (рис. 4-в) та проєкцій на ортогональні системи (рис. 4-г) функції показників: 1) кількість новобудов, 2) кількість аварійних будинків, 3) кількість будинків ветхого житлового фонду, 4) загальні об'єми забруднень атмосферного повітря за районами м. Києва. В результаті проведених розрахунків показників екологічної безпеки райони м. Києва розподілено на три кластери: 1) Печерський (ПЕБ=1.758) та Подільський райони (5.420); 2) Святошинський (11.915), Оболонський (12.559), Солом'янський (14.742), Деснянський (16.274), Шевченківський (16.648); 3) Дніпровський (19.416), Голосіївський (20.645), Дарницький (20.984) (рис. 5).

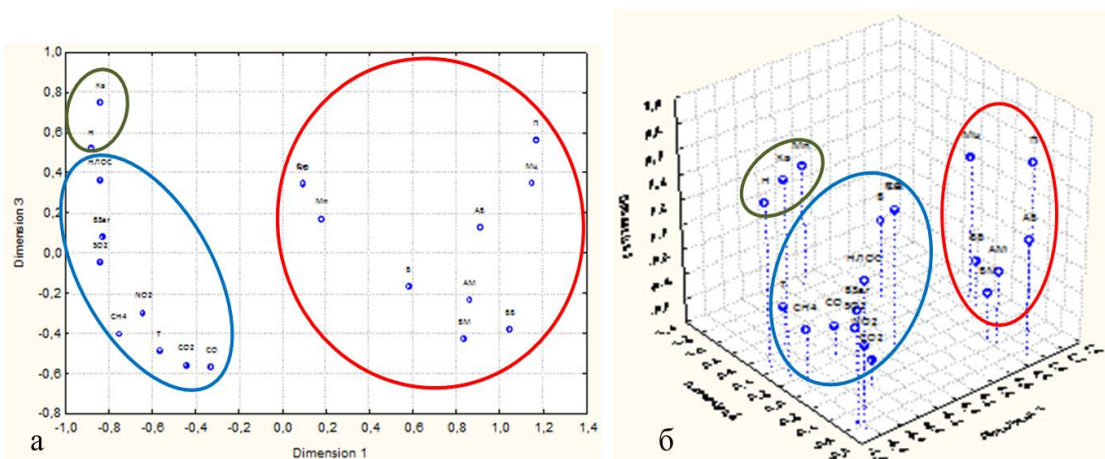


Рис. 2. Багатомірне масштабування параметрів викидів, забудови та населення: а) 2D проєкція; б) 3D проєкція (на осях наближена евклідова відстань)

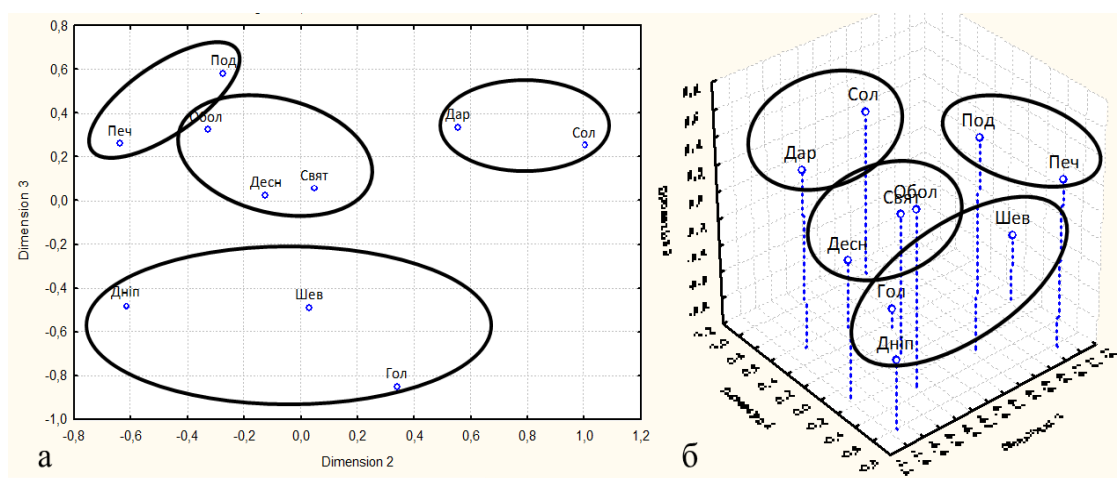


Рис. 3. Багатомірне масштабування районів м. Києва за 48 показниками (на осях наближена евклідова відстань): а) 2D проєкція; б) 3D проєкція

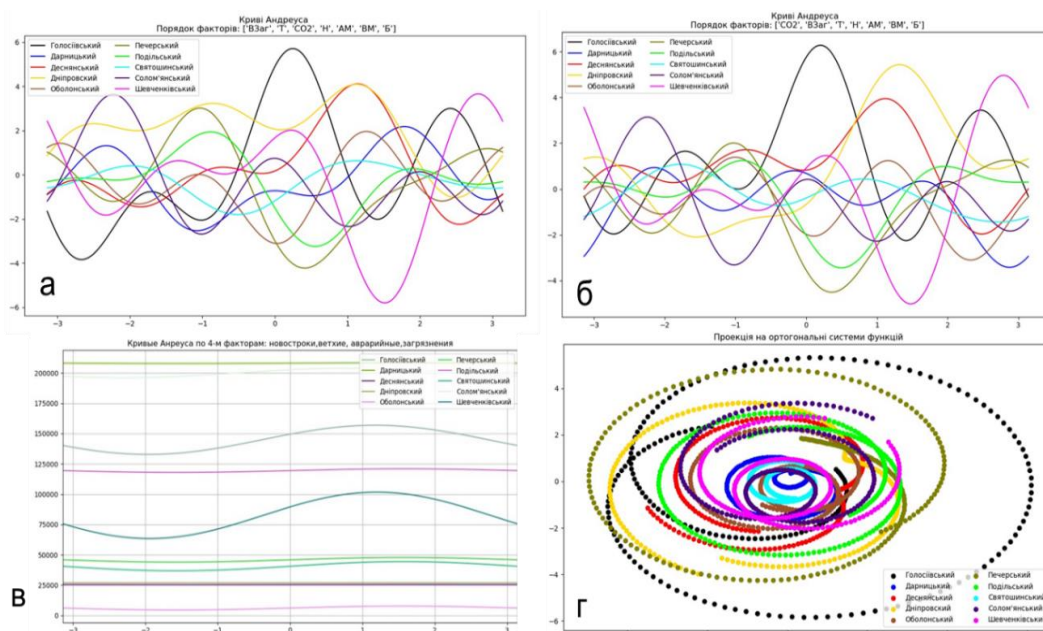
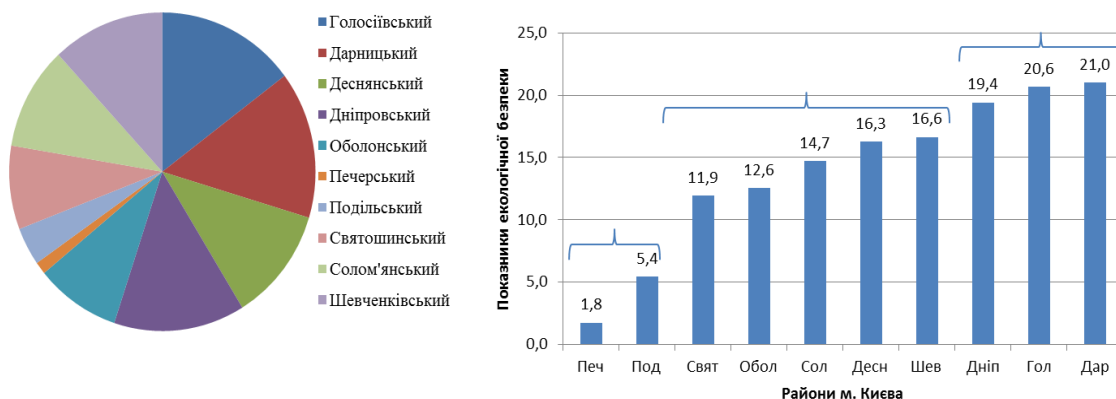


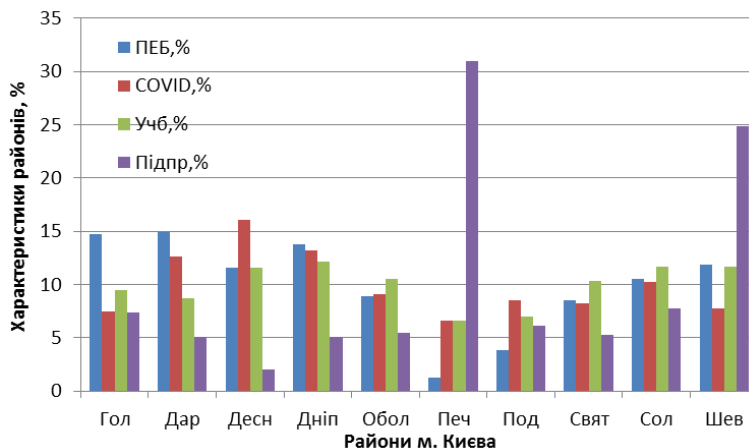
Рис. 4. Порівняння районів м. Києва із застосуванням кривих Андреуса (а, б, в) та проєкції на ортогональні системи функцій показників (г)



**Рис. 5. Показники екологічної безпеки районів м. Києва**

Встановлено, що поширення COVID-19 носить виражений територіальний характер і райони Києва за кількістю захворілих розбиваються на три кластери: 1) Деснянський, Дніпровський та Дарницький райони, в яких зареєстровано найбільша кількість випадків коронавірусної інфекції; 2) Оболонський, Подільський, Святошинський – відмічено середню кількість інфікованих; 3) Шевченківський, Голосіївський, Печерський – найменше захворілих на COVID-19 у м. Києві. З загальної тенденції випадає Солом'янський район, який хоча і межує територіально з Святошинським, Шевченківським та Голосіївським районами, але за кількістю захворілих ближче до першого кластеру з високою частотою інфікування. Порівняння кількості захворілих на COVID-19 з чисельністю та щільністю населення у районах м. Києва (у балах) показує, що рівень інфікування не залежить від кількості та щільності населення районів.

Відмічено відповідність кількості захворілих по районах сумарній кількості дитячих садків, шкіл, коледжів та вищих навчальних закладів (рис. 6).



**Рис. 6. Порівняння кількості захворілих на COVID-19 з показниками екологічної безпеки, кількістю учбових та дошкільних закладів, кількістю підприємств та працюючих у районах м. Києва**

Пандемія COVID-19 та карантин також змусили компанії перебудувати офісну діяльність. Водночас не виявлено прямого взаємозв'язку рівня захворюваності COVID-19 з кількістю підприємств та працюючих у районах м. Києва, що може свідчити про ефективність дистанційної праці у якості запобіжного заходу [5]. Високий рівень забруднення атмосферного повітря у містах обумовлює захворювання респіраторної та серцево-судинної систем, крім того пацієнти з такими захворюваннями потрапляють у групу ризику в умовах пандемічних загроз.

для ефективної роботи в кризових умовах. При цьому зелені стандарти виступають у ролі орієнтира для рекомендацій по реорганізації офісної роботи. Рекомендації включають розширення можливостей дистанційної праці, проведення безконтактних нарад та зустрічей з використанням сучасних технологій зв'язку, переобладнання офісного простору з урахуванням вимог соціальної дистанції, нові правила взаємодії у місцях загального користування. Критерії зеленого будівництва передбачають інноваційні заходи по покращенню умов праці і робочого

мікроклімату, разом з посиленням норм гігієни та дезінфекції приміщень. Передача інфекційного аерозолі на великі відстані відбувається у людних приміщеннях з поганою вентиляцією. При цьому системи кондиціонування і вентиляції при неправильній експлуатації можуть стати транспортними шляхами поширення інфекції. Головним фактором інфекційної небезпеки є напрямок повітряного потоку, тому належні мікрокліматичні умови в будівлях мають ключове значення для здоров'я населення. В умовах пандемічних загроз пропонується запровадити природну та персоналізовану вентиляцію у вигляді локальних витяжних систем.

**Висновки.** Запропоновано удосконалення Стратегії розвитку м. Києва із застосуванням передового міжнародного досвіду та інноваційних технологій зеленого будівництва. Застосування конструктивних рішень зеленого будівництва особливо актуально для таких секторів міського розвитку, як розбудова міста і земельні відносини, житлово-комунальне господарство, транспорт та міська мобільність, екополітика та охорона довкілля, публічний простір, безпека та цивільний захист, історична та архітектурна спадщина.

Рекомендації підвищення стану екологічної безпеки міського середовища передбачають перепланування урбаністичних просторів з урахуванням пандемічних загроз, розробку довгострокові екологічної транспортні стратегії та інфраструктури активної мобільності, реконструкції житлово-комунального сектору для зниження ризиків поширення інфекції, стимулювання місцевої економіки та захист соціально вразливих верств населення, створення нових моделей та конфігурацій громадського простору, розширення функціональних можливостей адміністративних та публічних будівель, в особливості закладів лікування та освіти.

### Література

1 Кривомаз Т. І., Варавін Д. В. Шляхи підвищення екобезпеки урбанізованого середовища у зв'язку з пандемією COVID-19 // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – № 36. – С.41-55.

2 Адаменко О. М. Екологічна безпека територій. Монографія / О. М. Адаменко, Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова та ін. – Івано-Франківськ : Супрун, 2014. – 456 с.

3 Саати Т. Л. Относительное измерение и его обобщение в принятии решений. Почему парные сравнения являются ключевыми в математике для измерения неосознаваемых факторов // *Cloud Of Science*". 2016. Т. 3. № 2. С. 171-262

4 V.Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin *Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding Centrul Universitar Nord Din Bala Mare - UTPRESS ISSN 1582-0548, №1,2018 С.61-67*

5 Voloshkina O., Sipakov R., Varavin D., Anpilova Y., Kryvomaz T., Bereznitska J. *Pollution of atmospheric air above the city highways // USEFUL. – 2018. – Vol. 2(4). – P. 09–25.*

*V. Trysnyuk, D. Varavin, T. Trysnyuk  
Institute of Telecommunications and  
Global Information Space NASU (Kyiv)*

## **GEOMODELS OF ECOLOGICAL SAFETY OF THE URBANIZED ENVIRONMENT IN CONDITIONS OF PANDEMIC THREATS ON THE EXAMPLE OF KYIV**

The work is devoted to the scientific problem of improving the complex approach to the urbanized territories management in order to increase the ecological safety under pandemic threats. Construction trends have always showed the ability to evolve after the crisis, and in the context of the COVID-19 pandemic, densely populated cities were the most vulnerable to the risk of infection. Improving the ecological safety of the urbanized environment requires new urban space strategies, increasing spatial functionality, decentralization of megacities together with raising the potential of micromobility. The method of calculating the indicators of ecological safety of Kyiv districts has been formalized: Darnytskyi (20,984), Holosiiivskyi (20,646), Dniprovskyi (19,417), Shevchenkivskyi (16,649), Desnyanskyi (16,275), Solomyanskyi (14,743), Obolonskyi (12,560), Sviatoshynskyi (11,916), Podilskyi (5,420), Pecherskyi (1,758), which creates the basis for scientific methods of comprehensive assessment and optimal forms of environmental safety management of urbanized areas on the example of Kyiv. The primary patterns of the

spread of pandemic threats have been established in the districts of Kyiv, where the intensity of COVID-19 infection has an expressed territorial nature. The correspondence between the number of infected people and the total number of kindergartens, schools, colleges, and higher educational institutions in the districts has been established, which makes it possible to make appropriate adjustments in the development of stabilization measures and create conditions for reliable safety of human life, taking into account critical situations. It is proposed to improve the Development Strategy of Kyiv using advanced innovative technologies for green construction for such sectors of urban development as city development, land relations, housing, and communal services, transport and urban mobility, public space, energy-saving, resource management, and waste management, security environment and ecopolitics, decentralization of areas, increasing spatial functionality, increasing green areas, increasing the potential for micromobility, spreading energy-efficient technologies and efficient use of resources, calculating the entire life cycle of materials, recycling waste and proper disposal of their hazardous component, increasing the level of environmental safety to preserve public health in the face of pandemic threats

**Key words:** environmental safety, green construction, pandemic, urbanized environment, ecological management

### References

1 Krivomaz T.I., Varavin D.V. Ways to increase the environmental safety of the urban environment in connection with the pandemic COVID-19 // Environmental safety and nature management. - 2020. - № 36. - P.41-55.

2 Adamenko O.M Ecological safety of territories. Monograph / O.M. Adamenko, Ya. O. Adamenko, L.M. Arkhipova and others. - Ivano-Frankivsk: Suprun, 2014. - 456 p.

3 Saati T.L Relative dimension and its generalization in decision making. Why pairwise comparisons are key in mathematics for measuring intangible factors // Cloud Of Science ". 2016. T. 3. № 2. P. 171-262

4 V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding Centrul Universitar Nord Din Bala Mare - UTPRESS ISSN 1582-0548, №1, 2018 C.61-67

5 Voloshkina O., Sipakov R., Varavin D., Anpilova Y., Kryvomaz T., Bereznitska J. Pollution of atmospheric air above the city highways // USEFUL. – 2018. – Vol. 2(4). – P. 09–25.