

ОЦІНКА УРБОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЮ І НАСЕЛЕННЯ МІСТ УКРАЇНИ ОБЛАСНОГО ЗНАЧЕННЯ ВІД ВИКИДІВ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ

Васютинська К.А.

Державний університет «Одеська політехніка»
пр. Шевченка, 1, 65044, м. Одеса
e.a.vasutinskaya@op.edu.ua

У статті проведено оцінку урбогенного навантаження на територію міст і міське населення адміністративних областей від викидів стаціонарних джерел забруднення атмосфери. Проаналізовано головні чинники небезпек повітряного простору урбанізованих територій. Обговорено проблеми «міського дихання», зокрема погіршення умов розсіювання забруднюючих речовин, їхнє перенесення на великі відстані, кліматичні зміни. В якості показника урбанізації регіону застосовано індикатор еколого-демографічної урбанізації, який ураховує частку міської території регіонів, щільність міського населення і структуру його розселення. Оцінено сумарну емісію забруднюючих речовин у 189 містах обласного підпорядкування, визначено питомі показники забруднення в розрахунку на одиницю міської території і населення. Проведено диференціацію регіонів країни за значеннями параметрів екологічного навантаження від забруднення, показано співпадіння рангів за демографічним і територіальним показником. Встановлено не співпадіння питомих значень навантаження на одиницю міської території чи населення для областей із порівняними значеннями сумарних викидів та відмічено доцільність їх урахування у програмах захисту повітря. Проведено диференціацію регіонів країни за показниками навантаження атмосферного забруднення міст відповідно до індексу еколого-демографічної урбанізації. Виділено групу областей (Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Харківська) з максимальними параметрами забруднення міського повітря і рівнями урбанізації. Обговорено вплив окремих підприємств теплоенергетики та хімічної промисловості на створення високого рівня навантаження атмосферного забруднення на територію і населення Вінницької та Черкаської областей. Виділено групи областей із середніми та помірними значеннями параметрів забруднення міського повітря, яке спостерігається за високих (Одеська, Херсонська, Київська, Волинська, Хмельницька області) та низьких значень показника (I_{edu})ⁿ (Львівська, Чернігівська, Рівненська, Тернопільська, Закарпатська).
Ключові слова: індикатор урбанізації, забруднення повітря, стаціонарні джерела викидів, урбанізована територія

Assessment of urbogenic load on territory and population of regionally important Ukraine cities by emissions from stationary sources of air pollution. Vasiutynska K.

The article devoted to evaluation of the urbogenic load on the urban territory and population of regions from stationary sources of emissions. The main factors of dangers in the city airspace are analyzed, the problems of "urban breathing" are discussed, including the deterioration of the conditions for dispersion of pollutants, their transport over long distances and climatic changes. The indicator of ecological and demographic urbanization is used as an indicator of the region urbanization, taking into account the share of the urban area of the regions, the density of the urban population and the structure of its settlement. The total emissions of pollutants in 189 regionally important cities, certain specific indicators of pollution per unit of urban area and population are estimated. The differentiation of regions is carried out in accordance with the values of the parameters of the environmental load from pollution, the coincidence of the ranks in terms of demographic and territorial indicators is shown. The difference between the specific values of the load per unit of the urban area or the population for regions with comparable values of total emissions was established and the practicability of taking them into account in air protection programs was noted. Differentiation of the country's regions was carried out according to the indicators of the atmospheric pollution load of cities in linkage with the ecological and demographic urbanization index. A group of regions (Dnepropetrovsk, Donetsk, Zaporozhye, Kharkov) with the maximum parameters of urban air pollution and levels of urbanization has been identified. The article discusses the influence of individual enterprises of the heat power and chemical industry on the high level of atmospheric pollution load on the territory and population of Vinnitsa and Cherkasy regions. The groups of regions with average and moderate values of the parameters of urban air pollution, which is observed at high (Odessa, Kherson, Kiev, Volyn, Khmelnytsky regions) and low values of the indicator (I_{edu})ⁿ (Lvov, Chernigov, Rivne, Ternopil, Transcarpathian), have been identified. *Key words:* indicator of urbanization, air pollution, stationary sources of emissions, urban area

Постановка проблеми. Науково-технічний прогрес і зростання ролі міст у світовій економіці остаточно визначили урбанізаційний напрямок розвитку суспільства. Водночас урбанізація поглиблює екологічні проблеми деградації навколишнього середовища передусім через забруднення атмосфери. Викиди забруднюючих речовин (ЗР) у міське повітря комплексно впливають на здоров'я людей, про-

дуктивність природних і штучних екосистем, агроценозів тощо, спричиняють глобальні зміни клімату і руйнацію озонового шару та загалом порушують асиміляційну здатність і сталість атмосферного середовища. Негативні процеси, зумовлені урбанізацією, свідчать про зростання рівня небезпеки атмосферного повітря в межах міських територій і у глобальному масштабі.

Екологічне навантаження на атмосферне середовище від викидів стаціонарних джерел визначається структурою промислово-енергетичного комплексу, масштабами господарської діяльності. Стрімке розширення міських територій із концентруванням у них населення призводить до зростання споживання електроенергії, продуктів харчування, промислових товарів та інфраструктурних послуг. Переважне використання в Україні вугілля та іншого викопного палива для опалення спричинює великі обсяги викидів забруднюючих речовин, таких як діоксид сірки (SO_2), оксиди азоту (NO_x), оксиди вуглецю (CO_x), аерозолі твердих часток ($\text{PM}_{2.5}$), летючі органічні сполуки (ЛОС).

Значне забруднення повітряного басейну міст України впливає на здоров'я населення, погіршує якість і скорочує тривалість життя. Аналіз показників навантаження повітряних емісій на міські території і населення є необхідним кроком для встановлення характеру взаємозв'язків між основними факторами урбанізації та рівнем безпеки атмосферного повітря.

Мета дослідження – аналіз навантаження стаціонарними джерелами забруднення атмосфери на територію і населення міст обласного значення регіонів України залежно від інтегральних показників урбанізації.

Актуальність роботи обумовлена розробленням методів індикаторної оцінки забруднення атмосферного середовища урбанізованих територій. **Новизна роботи** полягає у проведенні ранжування адміністративних областей за параметром забруднення міського повітряного басейну співвідносно з комплексними індикаторами урбанізації. Така диференціація дозволяє оцінювати значення міст як джерел впливу на загальний стан атмосферного середовища на регіональному та загальнодержавному рівнях.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Проведення кількісного оцінювання впливу урбанізованих територій адміністративних областей України спрямоване на забезпечення безпечного стану атмосферного повітря відповідно до Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [1] та завдань «зменшення негативного впливу процесів урбанізації на навколишнє природне середовище», визначених Указом Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Небезпеки, зумовлені забрудненням міського повітряного простору, в умовах прискореної урбанізації ретельно досліджуються науковцями різних країн [3–7]. Результати низки наукових праць [4, 5] свідчать про те, що забруднення міст буде тільки зростати із збільшенням міського населення та індустріальним розвитком. Авторами роботи [3, 6] встановлено сполучений зв'язок між безпекою атмосферного середовища і такими проявами урбанізації, як зростання доходів населення за показником валового вну-

трішнього продукту (ВВП), рівня споживання промислової продукції, інших чинників індустріалізації. Демографічний фактор визначають як основну рушійну силу деградації повітряного середовища автори роботи [4], котру тільки частково стримують економічна й технологічна модернізація.

Викиди забруднюючих речовин (ЗР) із великих міських і промислових районів та мегаполісів переносяться на відстані до тисяч кілометрів і впливають на якість повітря далеко за їх межами. Це викликає проблеми глобальних змін прозорості, хімічного складу й окислювальної здатності нижніх шарів атмосфери, розчинення озонового шару, кліматичні зміни, схарактеризовані авторами роботи [7]. Від забруднення страждають не тільки мегаполіси. За даними [5] встановлено, що більшість міст із максимальними викидами на душу населення мають середній розмір із чисельністю жителів менше 500 000 осіб.

У роботах українських науковців досліджено особливості формування стану атмосферного середовища міст, які знаходяться під дією урбогенно-техногенного впливу, на прикладі індустріально розвинених регіонів із великою кількістю небезпечних об'єктів промисловості, транспорту, енергетики. Визначення підвищеного рівня небезпеки атмосферного повітря в місті Кременчук проведено в роботі [8], у місті Одеса – в роботі [9], у містах південних областей – у роботі [10]. Протягом останніх років розгорнуті дослідження вразливості міського населення в умовах розміщення стаціонарних і господарських джерел забруднення в густонаселених житлових районах. Надзвичайно високий індекс небезпеки хронічного інгаляційного ризику визначений для здоров'я населення Сєвєродонецько-Лисичанської агломерації, зокрема для населення міста Сєвєродонецьк він становить 23.6, для міста Рубіжне – 33.7, а високе значення індексу небезпеки для жителів міста Лисичанськ становить 6.5 [11]. Аналогічне підвищення ризиків неканцерогенного забруднення повітря внаслідок викидів небезпечних об'єктів машинобудівної і металургійної промисловості визначене для населення міських агломерацій Дніпропетровської та Харківської областей [12]. Але кількісні методи оцінювання внеску урбанізованих територій до загального рівня небезпеки повітряного середовища регіонів досліджені не досить повно, вони не враховуються під час розроблення заходів із охорони атмосферного повітря.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проблема оцінювання урбанізаційних впливів на довкілля спричинена тим, що сучасні міста – дуже складні, багатокomпонентні системи, межі яких досить складно визначити. Методологія кількісного оцінювання внеску урбанізованих територій у загальний стан безпеки повітряного середовища практично не розроблена в Україні. Зокрема, не досить ураховані особливості урбанізаційних проце-

сів у різних за демографічними параметрами, промисловим потенціалом і природними умовами адміністративних областях. Отже, визначення показників навантаження населення і території поллютантами від стаціонарних джерел забруднення повітряного середовища регіонально значущих міст у співвідношенні з індикаторними оцінками урбанізації має **методологічне й загальнонаукове значення** задля збереження природної якості повітря.

Виклад основного матеріалу. Методика дослідження. У роботі використані методи статистичного і графічного аналізу. Відомості про викиди стаціонарних джерел забруднення атмосфери в містах обласного підпорядкування були зібрані з Екологічних паспортів регіонів за 2020 р. [13] та уточнені згідно зі статистичною інформацією Державної служби Статистики України [14] та Головних управлінь статистики в регіонах [15] (без урахування даних із тимчасово окупованих територій). Показники чисельності населення і площі територій зазначених міст були розраховані відповідно до інформації, взятої із Екологічних паспортів [13], звітів регіональної статистики [15] і Статистичного збірника «Україна у цифрах: 2021» [16].

В якості комплексних показників урбогенності адміністративних областей України використаний індикатор еколого-демографічної урбанізації у нормалізованому вигляді, визначений і розрахований автором у попередніх дослідженнях [18, 19] на основі показників щільності міського населення і частки урбанізованої території регіонів, який урахував структуру системи розселення міського населення. З метою досягнення порівнянності результатів нормалізація значень показників проводилася за алгоритмом, наведеним у роботі [18]. Графічний аналіз здійснений за допомогою програмного забезпечення MS Office Excel.

Вплив міського метаболізму на забруднення повітряного простору. Забруднення повітряного басейну міст, по суті, є невід'ємним складником міського метаболізму. Міста споживають матеріали та енергію, такі як воду, атмосферний кисень, продукти харчування, промислові товари й сировину для їх виготовлення, паливо, електроенергію. Після споживання утворюються відходи, зокрема газоподібні забруднюючі речовини та аерозолі. Отже, «міське дихання» можна представити як споживання чистого повітря і передусім атмосферного кисню та дисипацію первинних і вторинних забруднювачів в атмосферу. Газоподібні забруднюючі речовини (ЗР) і зважені тверді частки у вигляді аерозолів переносяться на величезні, до тисяч кілометрів, відстані, вносячи вагомий внесок у загальне забруднення повітряного басейну.

Зазначимо, що крім безпосереднього впливу викидів ЗР на безпеку повітряного середовища, існують непрямі опосередковані ефекти, зумовлені порушенням умов розсіювання в повітряному просторі міст.

Кліматичні зміни урбанізованих територій відбуваються як результат взаємозв'язаних процесів – потепління внаслідок викидів парникових газів та інтенсивного перегріву території через міське опалення чи будь-яке інше споживання енергії. Створення островів тепла, зміни повітряного режиму, кількості й частоти опадів суттєво впливають на типове для регіону циркуляцію повітря. Багатоповерхові будинки, що створюють «ефекти каньйону», також змінюють аераційні умови розсіювання. Крім того, відзначено перенесення забруднювачів у напрямках, протилежних середнім переважаючим вітрам.

Процесам осадження аерозольних домішок перешкоджає існування специфічної урбогенно-герметизованої поверхні, котра складається з асфальту, бетону, даху численних будівель і споруд. Знищення природного ґрунтового покриву урбоекосистем загалом знижує біохімічну активність унаслідок асиміляції атмосферних забруднювачів. Отже, викиди ЗР суттєво впливають на якість життя населення, продовольчу безпеку та життєзабезпечення регіону, стан природних систем і спричинюють проблеми глобальних змін прозорості, хімічного складу, окислювальної здатності нижніх шарів атмосфери, розчинення озонового шару, а також кліматичні зміни.

Безпечне атмосферне середовище – це такий стан повітря, в якому надважливі його екосистемні функції стабільно підтримують асиміляцію відходів антропогенної діяльності та забезпечують життя і здоров'я людей на необхідному для соціально-економічної активності рівні.

Оцінка викидів від стаціонарних джерел забруднення атмосфери в містах обласного значення. Серед 461 міст України спостереженнями за станом забруднення атмосферного повітря охоплені 39 міст із визначенням вмісту 22 забруднюючих речовин, зокрема восьми важких металів. У некомерційному проєкті «Світовий індекс якості повітря», заснованому в 2007 р. [19], представлена прозора інформація з більше ніж 10 000 станцій у режимі реального часу. На європейській частині континенту щомиті 5-6 українських міст (наприклад, Кривий Ріг, Харків, Маріуполь, Запоріжжя, Бориспіль) демонструють нездоровий (червоний колір) і нездоровий для чутливих груп населення (помаранчевий колір) рівень індексу якості повітря. Аналогічно за значенням індексу забруднення відповідно до даних інтернет-платформи numbeo.com [20] такі великі обласні центри України, як Дніпро, Одеса, Київ, Харків, Львів зазначені в переліку 50 найбільш забруднених міст Європи, причому місто Дніпро із значенням Pollution Index 80,98 займає шосте місце. Перевищення цільових показників Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ) щодо річної величини дрібнодисперсних твердих часток ($PM_{2.5}$), яке спричинює приблизно 50 000 передчасних смертей на рік, також притаманне міським територіям України. За підсумком 2020 р. [21] Україна займає

8 місце в Європі (середньорічна концентрація $TM_{2,5}$ становила 19.2 мг/м^3), а Київ – 39 місце серед столиць 106 країн світу.

У цій роботі проведена оцінка сумарних викидів ЗР від стаціонарних джерел 189 міст обласного значення [16]. Їхня кількість у регіонах значно

Таблиця 1

Викиди в атмосферу від стаціонарних джерел міст обласного значення*
(підготовлено автором за даними [16])

Область	$V_{\text{стац.}}^{\text{urb}}$, тис. т	Область	$V_{\text{стац.}}^{\text{urb}}$, тис. т
Вінницька	62.89	Миколаївська	3.39
Волинська	1.51	Одеська	34.09
Дніпропетровська	410.34	Полтавська	25.905
Донецька	495.96	Рівненська	3.95
Житомирська	3.04	Сумська	8.47
Закарпатська	0.52	Тернопільська	1.39
Запорізька	151.75	Харківська	62.85
Івано-Франківська	13.63	Херсонська	8.95
Київська*	29.04	Хмельницька	2.59
Кіровоградська	2.89	Черкаська	28.33
Луганська	50.83	Чернівецька	0.70
Львівська	17.87		

* Без врахування даних щодо потужностей викидів тимчасово окупованих міст АР Криму, Донецької і Луганської областей.

** Дані Київської області враховують показники м. Києва .

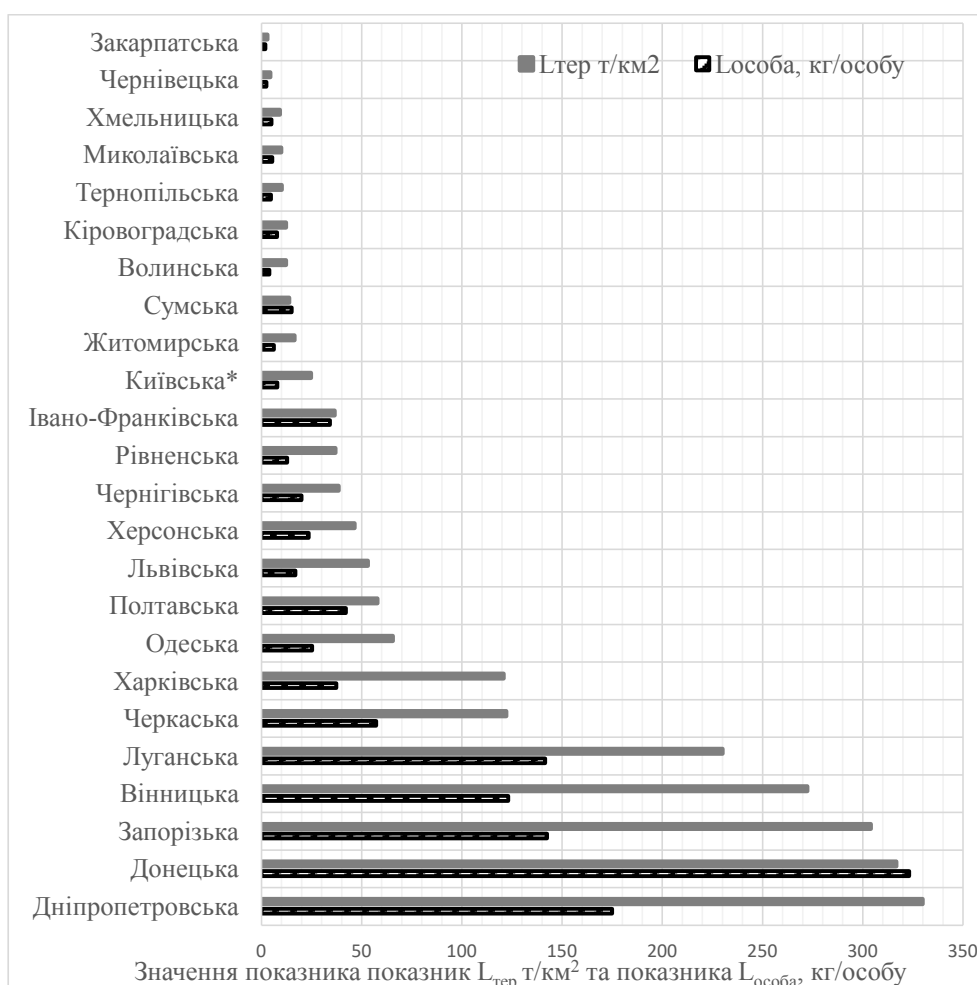


Рис. 1. Ранжування адміністративних областей України за екологічним навантаженням від забруднення повітря стаціонарними джерелами міст обласного підпорядкування

варіюється від 2 міст у Чернівецькій області до 28 – у Донецькій, що не може не віддзеркалитися на сумарних потужностях повітряних емісій ($V_{\text{стан.}}^{\text{urb}}$, тис. т), як це показано в табл. 1.

Слід відмітити неповноту інформації із Донецької і Луганської областей унаслідок відсутності даних із міст, що знаходяться на тимчасово окупованій території. Особливо це стосується Луганської області, викиди від стаціонарних джерел якої оцінювалися на рівні 444 тис. т за 2013 р. [14].

Оцінка рівнів екологічного навантаження від забруднення повітря. На основі валових викидів нами розраховано питомі показники навантаження забруднюючими речовинами повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на одиницю території (показник $L_{\text{тер}}$, т/км²) та на 1 мешканця (показник $L_{\text{особа}}$, кг/особу) міст обласного значення. Під час проведення розрахунків урахувалися чисельність міст обласного значення станом на 1 січня 2021 року [17] і площа їх сумарної території згідно з даними [14; 15]. У роботі проведено ранжування регіонів України за питомими показниками навантаження від забруднення повітряного басейну (рис. 1).

Гістограма рис. 1 демонструє, що ранги областей за показниками навантаження ЗР міського пові-

тря $L_{\text{тер}}$ і $L_{\text{особа}}$ практично співпадають. Однак рівень екологічного навантаження на одиницю міської території чи населення може значно відрізнятись для областей із порівнянними значеннями сумарних викидів. Навпаки, міста з різним за потужністю і впливом на повітряний басейн промислово-господарським комплексом відчують схожий рівень навантаження на територію. Зокрема, нами відмічено практично рівні значення $L_{\text{тер}}$ для Харківської і Черкаської областей за дуже різних внесків цих міст у регіональне забруднення. Територія міст Полтавської, Львівської, Одеської, Херсонської областей також характеризується близьким значенням показника $L_{\text{тер}}$, хоча сумарні викиди відрізняються більш ніж у 3 рази (табл. 1).

Навантаження на населення міст обласного значення варіює в широких межах: від 2 кг/особу (для міст Закарпатської області) до 323 кг/особу (для міст Донецької області). Зазначимо, що визначені питомі показники екологічного навантаження ЗР на територію і населення доцільно враховувати для контролю якості повітря, під час визначення стандартів сталості міст, у разі вирішення питань фінансового забезпечення проєктів із підтримання природного стану повітряного середовища.

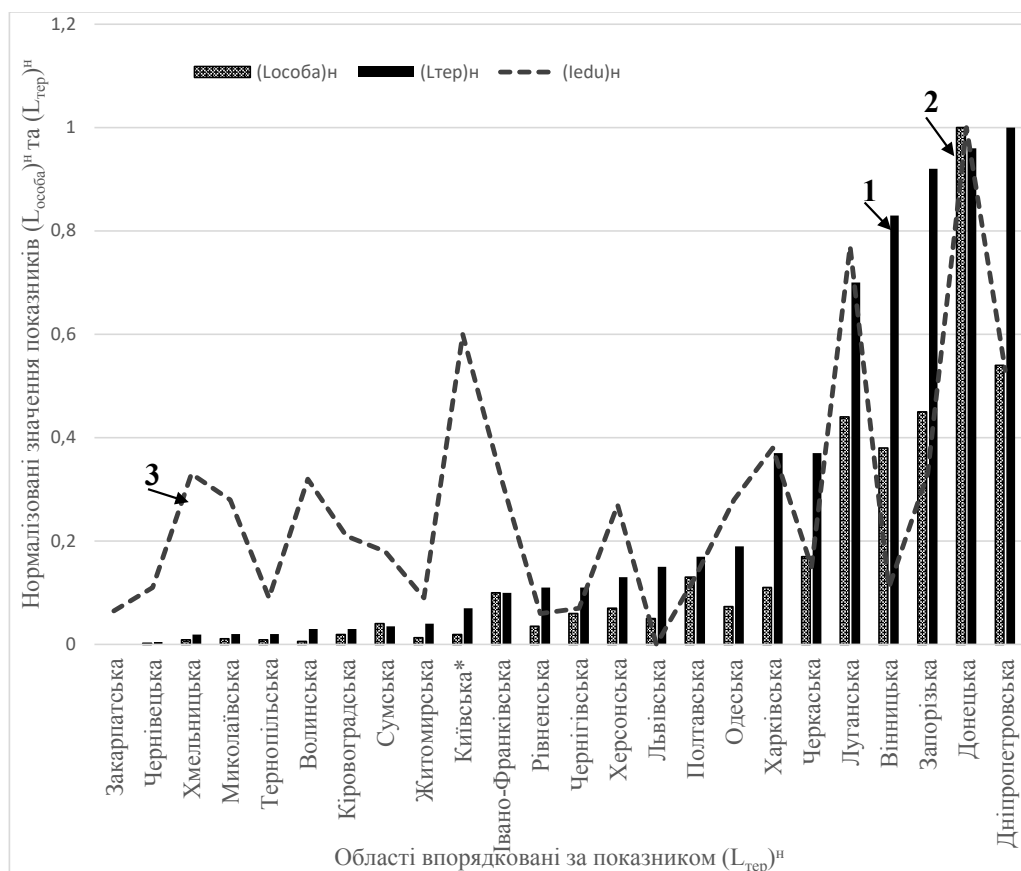


Рис. 2. Диференціація областей України за нормалізованими параметрами екологічного навантаження на територію та населення забруднюючими речовинами повітря від стаціонарних джерел у співвідношенні з комплексним показником урбанізації:

1 – $(L_{\text{тер}})^n$; 2 – $(L_{\text{особа}})^n$; 3 – $(I_{\text{edu}})^n$

Аналіз навантаження стаціонарними джерелами забруднення атмосфери на територію і населення міст в залежності від інтегральних показників урбанізації. Для проведення аналізу в цій роботі застосовано індекс еколого-демографічної урбанізації $(I_{edu})^n$, розрахований згідно з [18] на основі параметрів щільності міського населення, частки урбанізованої території і структури розселення міського населення країни. Для коректного порівняння даних показники $L_{тер}$ і $L_{особа}$ нормалізовано з отриманням показників $(L_{тер})^n$ і $(L_{особа})^n$ відповідно.

На основі результатів аналізу, представлених на рис.2, всі області можна умовно поділити на дві групи за характером співвідношення індексу еколого-демографічної урбанізації та показників $(L_{тер})^n$ і $(L_{особа})^n$.

До першої групи відносяться Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Вінницька, Черкаська, Харківська області з максимальними рівнями екологічного навантаження атмосферних забруднень на міську територію та населення під впливом урбогенних факторів, які віддзеркалюють високі значення індексу $(I_{edu})^n$. Виключення стосуються Вінницької та Черкаської області із значеннями нижче середніх $(I_{edu})^n$. Високе навантаження як на територію, так і на населення пояснюється забрудненням атмосфери окремими потужними об'єктами теплоенергетики та хімічної промисловості (Ладижинської ТЕС у Вінницькій області, Черкаської ТЕЦ, ПАТ «Азот» у м. Черкаси).

До другої групи віднесено області із середніми та низькими значеннями параметрів забруднення міського повітря. Більш високі значення показника $(I_{edu})^n$ спостерігаються в Одеській, Херсонській, Київській, Волинській, Хмельницькій областях, низькі – у Львівській, Чернігівській, Рівненській, Тернопільській, Закарпатській областях.

Слід зазначити, що потужні викиди від стаціонарних джерел забруднення повітряного простору відчувають міста індустріалізованих регіонів із

високою щільністю населення і значною часткою урбанізованої території, що збільшує ризики для здоров'я містян та ставить під загрозу асиміляційну здатність повітряного середовища всього регіону.

Висновки. Загальний рівень небезпеки повітряного басейну міст базується на складному взаємозв'язку процесів індустріалізації і зростання міського населення з проведенням реальної політики екологізації промисловості та енергетики.

Взаємозв'язок між урбанізаційним процесом і довкіллям розвивається за двома тенденціями. З одного боку, урбанізовані території деструктивно впливають на довкілля, особливо на атмосферне повітря. Максимальне екологічне навантаження відчувають міста з концентруванням небезпечних об'єктів техносфери. З іншого боку, міста як центри економічного розвитку краще використовують науку й доступні технології. У сучасних містах більш результативно проводяться організаційні та технічні заходи з охорони повітря. Підприємства міської інфраструктури (водоочисні станції, теплоцентралі, великі ТЕЦ, автотранспортні підприємства, ринки і торгові центри) зазвичай винесені за межі міста, тоді як об'єкти техносфери розташовані переважно у промислових зонах.

Складні та неоднозначні урбанізаційні процеси необхідно враховувати під час розроблення і планування конкретних заходів із відновлення природного стану атмосферного повітря. Сучасна тенденція поглиблення впливу урбанізації на довкілля буде тільки зростати, що вимагає переміщення акценту наукових досліджень і практичних розробок із розуміння і якісної оцінки урбогенних впливів на визначення їх механізмів та розроблення методології кількісних оцінок параметрів урбанізації. Управління міським середовищем вимагає системного підходу до розроблення стратегії урбанізації з урахуванням складних взаємодій і взаємозв'язків між різними антропогенними та природними процесами.

Література

1. Про охорону атмосферного повітря: Закон України № 2707-ХІІ від 16.10.1992. Редакція від 05.08.2021, підстава – 1687-ІХ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> (дата звернення 10.08.2021).
2. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/decrees> (Дата звернення 12.08.2021).
3. Liu W., Jiao F., Ren L., Xu X., Wang J., Wang X. Coupling coordination relationship between urbanization and atmospheric environment security in Jinan City. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 204. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.244>
4. Didenko N. I., Skripnuk D. F., Miroyubova O. V. Urbanization and Greenhouse Gas Emissions from Industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017. Vol. 72. P. 12-14. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/72/1/012014>
5. Liang L., Wang Z., Li J. The effect of urbanization on environmental pollution in rapidly developing urban agglomerations. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 237. 117649. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117649>
6. Li M., Li C., Zhang M. Exploring the spatial spillover effects of industrialization and urbanization factors on pollutants emissions in China's Huang-Huai-Hai region. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Issue 195. P. 154-162. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.186>.
7. Baklanov A., Molina L. T., Gauss M. Megacities, air quality and climate. *Atmospheric Environment*. 2016. Vol. 126. P. 235-249. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.11.059>
8. Ричак Н.Л., Табачна І.М. Тенденції формування рівня забруднення атмосферного повітря урбанізованого середовища. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. № 3-4. С. 120-127.

9. Владимірова О.Г., Бургаз О.А., Тимошук М.О. Особливості забруднення атмосферного повітря м. Одеси діоксидом сірки й оксидом вуглецю. *Екологічні науки*. 2021. Вип. 7(34), С. 44-50. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.8>
10. A Chugai, Y Vazyka. Analysis of Technogenic Load on the Air Basin of Industrial and Urban Agglomerations in Ukraine. *Environmental Problems*. 2019. Vol. 4. No 3. P. 135-142.
11. Кравченко І.В. Аналіз сучасного стану повітря та оцінка інгаляційного неканцерогенного ризику здоров'ю населення Северодонецько-Лисичанської агломерації. 2021. *Екологічні науки*. № 2(35). С. 7-14. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.1>.
12. Nekos A.N., Medvedeva Y.V., Cherkashyna N.I. Assessment of environmental risks from atmospheric air pollution in industrially developed regions of Ukraine. *J. Infect. Dev. Ctries*. 2019. Vol. 28(3). P. 511-518. <https://doi.org/10.15421/111947>.
13. Екологічний паспорт регіонів України [Електронний ресурс] URL: <https://mepr.gov.ua/news/35913.html> (дата звернення 30.07.2021)
14. Державна статистична служба України [Електронний ресурс] URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 3.08.2021)
15. Головне управління статистики Держстаторг в регіонах [Електронний ресурс] URL: <https://ukrstat.org/uk/work/region.html> (дата звернення 7.08.2021).
16. Державна служба статистики України: Чисельність наявного населення України на 1 січня 2021 р. http://database.ukrcensus.gov.ua/PXWEB2007/ukr/publ_new1/2021/zb_chuselnist%202021.pdf
17. 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>.
18. Васютинська К.А., Барбашев С.В. Індикаторна оцінка впливу урбанізаційного процесу на стан природної та техногенної безпеки в регіонах України. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*: кол. моногр. Львів: ТзОВ "ЗУКЦ", 2020. С. 232-255. book doi: 10.23939/book.ecocongress.2020 <http://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2020/dec/22708/monograph2020.pdf> (дата звернення 2.07.2021).
19. World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index: [on-line]. URL: <https://waqi.info/uk/> (дата звернення 31.07.2021)
20. Інтернет-база даних Numbeo.com. Europe: Current Pollution Index de City. [on-line] URL: https://www.numbeo.com/pollution/region_rankings_current.jsp?region=150 (дата звернення 1.08.2021)
21. World Air Quality Report 2020: Region and City PM2.5 Ranking. URL: <https://www.iqair.com/world-air-quality-report> (дата звернення 4.08.2021)