

12. Білявський, Г. О. Екологічний менеджмент: Типова навчальна програма [Текст] / Г. О. Білявський, Н. М. Рідей, В. М. Боголюбов та ін. – К.: Аграрна освіта, 2005. – 12 с.
13. Боголюбов, В. М. Методологія підготовки екологів у НаУКМА [Текст] / В. М. Боголюбов, В. П. Замостян, С. Р. Рибников, Г. О. Білявський // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2002. – Вип. 3. – С. 5–9.
14. Клименко, М. О. Моніторинг довкілля [Текст] : підручник / М. О. Клименко, А. М. Прищепа, Н. М. Вознюк. – К. : Академія, 2006. – 360 с.
15. Рибников, С. Р. Обґрунтування необхідності включення структурно-логічної схеми до галузевого стандарту вищої освіти та її розробка для підготовки бакалаврів напряму „Екологія” (0708). [Текст] / С. Р. Рибников, О. М. Примак, В. М. Боголюбов // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2004. – Вип. 6. – С. 14–18.

**В роботі проаналізовано умови формування екологічної небезпеки урбанізованих територій під впливом атмосферних опадів. Проведено дослідження показника кислотності опадів на території міста Чернівці (Україна) як індикатора екологічної небезпеки. Проаналізовано роль стаціонарних і пересувних джерел в техногенній трансформації опадів**

**Ключові слова: екологічна безпека, екологічна небезпека, атмосферні опади, урбанізовані території, забруднення повітря**

**В работе проанализировано условия формирования экологической опасности урбанизированных территорий под влиянием атмосферных осадков. Проведено исследование показателя кислотности осадков на территории города Черновцы (Украина) как индикатора экологической опасности. Проанализировано роль стационарных и передвижных источников в техногенной трансформации осадков**

**Ключевые слова: экологическая безопасность, экологическая опасность, атмосферные осадки, урбанизированные территории, загрязнение воздуха**

УДК 504.5:551.577.13

# ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ

**Г. М. Герецун**

Старший викладач

Кафедра екології і права

Чернівецький факультет Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»  
вул. Головна, 203-А, м. Чернівці, Україна, 58018

E-mail: geretsun@meta.ua

## 1. Вступ

Екологічні проблеми сучасності приводять до погіршення умов життєдіяльності, а подекуди створюють небезпеку існування людини. В будь-якому регіоні України існує ряд загальних та специфічних чинників формування екологічної небезпеки: концентрація промислових виробництв, автотранспортне навантаження, трансформація ландшафтів, неефективне використання природних ресурсів і ін. Особливої уваги до стану екологічної безпеки вимагають урбанізовані території, які характеризуються високим рівнем забруднення довкілля.

Серед компонентів навколишнього середовища атмосферні опади займають особливе місце. Вимиваючись дощами із атмосфери, забруднюючі речовини приводять до виникнення техногенно-трансформованих опадів, які починають відігравати роль чинника екологічної небезпеки.

Характерним для промислових міст є те, що із збільшенням території міста і чисельності його жителів в них невпинно зростає диференціація концентрації забруднення в різних районах забудови. Наряду

з невисокими рівнями забруднення в периферійних районах вона різко збільшується в зонах промислових підприємств та районах з вузькими слабо вентиляваними вулицями. В центральних районах, навіть при відсутності в них промислових підприємств, як правило завжди спостерігається підвищена концентрація забруднювачів, що є наслідком перенасичення транспортом адміністративних служб та власників офісів приватних підприємств.

Такі особливості міських територій можуть бути вагомим фактором, що призводить до зміни іонного складу атмосферних опадів на території міст. За таких обставин контроль за впливом на екологічну безпеку урбанізованих територій техногенно трансформованих атмосферних опадів відіграє важливу роль для безпеки всіх живих організмів.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Впродовж останніх років інтенсифікувались дослідження з проблем екологічної безпеки. Екологічна безпека в рамках держави розглядається як складова

національної безпеки [1]. Проблема оцінки екологічного ризику як методу ідентифікації зон підвищеної небезпеки присвячено чимало наукових робіт провідних фахівців, в яких розглядаються різні підходи до його визначення. В роботах [2, 3] здійснено обґрунтоване уточнення термінів у відношенні поняття екологічного ризику на основі причинно-наслідкових зв'язків. В дослідженнях [4, 5] представлено методологію комплексної оцінки екологічного ризику компонентів довкілля. Автором [6] запропоновано алгоритм оцінки безпеки екологічної системи з врахуванням ризику. Підходи до оцінки екологічного ризику погіршення стану водних екосистем запропоновано авторами досліджень [4, 7]. В роботі [8] приведено результати аналізу рівня екологічної небезпеки регіонів України на основі оцінки екологічного ризику.

Також приділяється значна увага дослідженням хімічного складу опадів та умовам його формування. Так, в роботі [9] відзначається, що дощова вода може нагромаджувати домішки одним із двох шляхів: шляхом «вимиванням в хмарі», або завдяки процесам нижче хмар, які називаються «вимиванням опадами». При «вимиванні опадами» відбувається накопичення у дощовій воді домішок, якими забруднений приземний шар атмосфери. Авторами дослідження [10] показано, що хімічний склад атмосферних опадів у містах значною мірою визначається динамікою повітряних потоків та кількістю викидів речовин-забруднювачів. Більш того, атмосферні опади є надійним індикатором забруднення повітря в населених пунктах.

Незважаючи на вищевикладене, на даний час не існує єдиного підходу оцінки формування екологічної небезпеки атмосферних опадів, що дещо знижує цінність наявних моніторингових досліджень. Це зумовлено, перш за все, тим, що постійно контролювати весь спектр хімічних речовин, які присутні в дощовій воді досить складно. Тому для оцінки екологічної небезпеки атмосферних опадів необхідно обрати показник, який би легко піддавався контролю і характеризував комплексний вплив чисельних факторів.

---

### 3. Мета і завдання дослідження

---

Метою даної роботи було аналіз екологічної безпеки урбанізованих територій (на прикладі м. Чернівці, Україна) в умовах впливу техногенно трансформованих опадів.

Поставлена мета передбачає виконання наступних завдань:

- аналіз умов формування екологічної небезпеки територій під впливом атмосферних опадів;
- дослідження факторів, що впливають на показник кислотності опадів на території міста Чернівці;
- розробка пропозицій стосовно вдосконалення методів контролю та прогнозу рівня екологічної безпеки урбанізованих територій.

---

### 4. Аналіз факторів формування екологічної небезпеки атмосферних опадів на урбанізованих територіях

---

Для розроблення ефективної системи управління екологічною безпекою необхідно здійснювати про-

ведення моніторингу проявів екологічної небезпеки, аналіз конкретних небезпечних чинників з метою виявлення значимих складових небезпеки та її джерел (рис. 1). Забруднення компонентів довкілля небезпечними хімічними речовинами є суттєвим чинником формування екологічної небезпеки.

Атмосферні опади як об'єкт оцінки екологічної небезпеки володіють цілим рядом специфічних особливостей, які затрудняють використання існуючих методик оцінки екологічної небезпеки. Хоч опади є складовою частиною гідросфери, але умови формування їх властивостей досить суттєво відрізняються від умов, що впливають на формування властивостей поверхневих і підземних вод.

Приведені на рис. 2 взаємозв'язки формування екологічної небезпеки атмосферних опадів показують, що внаслідок утворення локальних осередків забруднення атмосферного повітря і умов вимивання забруднюючих речовин опадами можливе формування на певних урбанізованих територіях локально небезпечних опадів. Співвідношення хімічних речовин у воді атмосферних опадів, незважаючи на низькі концентрації, може бути джерелом небезпеки для функціонування природних екосистем. Найвідомішим проявом цього процесу є випадання кислотних дощів.

Тому для аналізу екологічної небезпеки атмосферних опадів слід обрати критерій, який характеризує комплексний вплив багатьох факторів. Таким показником, на наш погляд, може слугувати рН дощового розчину. За зміною показника рН легко відслідковувати зміну концентрації водневих іонів, не виконуючи складних підрахунків.

Кислотність атмосферних опадів у містах значною мірою визначається динамікою повітряних потоків та кількістю викидів речовин-забруднювачів. Надходження хімічних речовин у воду атмосферних опадів не є стабільною у часі і просторі. На рис. 3, *a–в* приведено діаграми розподілу усереднених значень рН атмосферних опадів в залежності від напрямку вітру в м. Чернівці.

Аналіз даних рис. 3, *a* показує, що до 2004 р. найбільш низькі значення рН атмосферних опадів спостерігалось при східних (6,43) і південно-східних (6,72) напрямках вітрів. При чому не відзначалось суттєвої різниці в розподілі значень рН опадів в залежності від швидкостей вітру. Після 2004 р. спостерігається перерозподіл у значеннях рН опадів за напрямками вітрів. Так, найменші значення (рис. 3, *б*) спостерігаються при північно-західних вітрах (6,42) і високих швидкостях вітру. При низьких швидкостях вітру (рис. 3, *в*) згладжується розподіл рН із збереженням найнижчих значень по північно-західному напрямку. При цьому спостерігається загальне пониження рН опадів за всіма вітровими напрямками.

Це узгоджується із літературними даними про розподіл забруднення атмосферного повітря в містах. В умовах міста, де розташовані високі і низькі джерела викидів, може спостерігатися наявність двох максимумів забруднення повітря в залежності від швидкості вітру: при штилі і слабких вітрах (0–2 м/с) та при швидкості вітру біля 4–6 м/с. В окремих містах відмічається ще один максимум забруднення повітря при швидкості вітру 8–9 м/с [11].



Рис. 1. Структурна схема управління екологічною безпекою атмосферних опадів

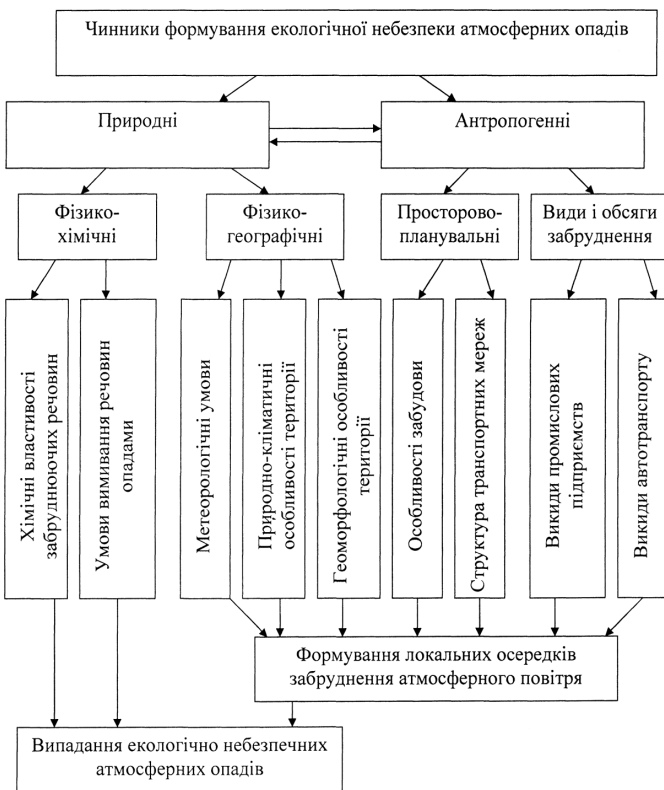


Рис. 2. Основні чинники формування екологічної безпеки атмосферних опадів

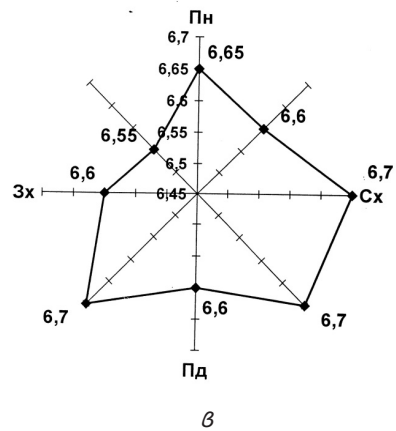
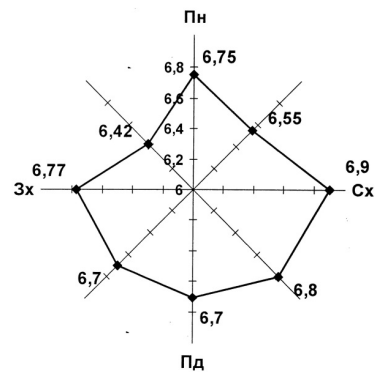
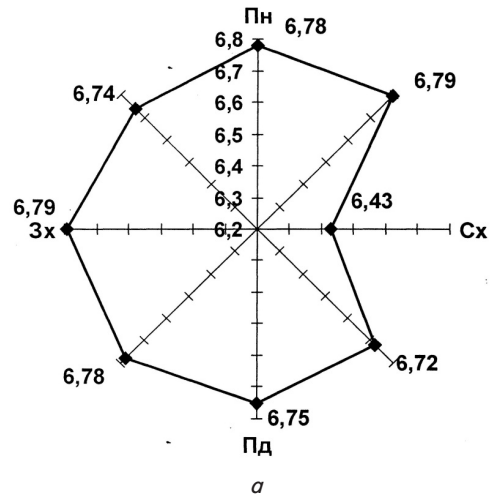


Рис. 3. Діаграми розподілу значення рН атмосферних опадів в залежності від напрямку вітру: а – до 2004 р.; б – після 2004 р. при високих швидкостях вітру; в – після 2004 р. при низьких швидкостях вітру

Такі дані можуть бути свідченням того, що при високих швидкостях вітру найбільший вплив на показник рН атмосферних опадів мають забруднення внаслідок перенесення речовин із промислових підприємств північно-західного регіону, а при низьких швидкостях вітру зростає роль місцевих джерел забруднення.

Основним джерелом місцевого забруднення довкілля в м. Чернівці є транспорт (табл. 1). Місто Чернівці, незважаючи на те, що є одним із най-

менших обласних центрів України характеризується значним автотранспортним навантаженням. Рівень автомобілізації є одним із найвищих серед обласних центрів.

плекси різних рангів. Перші поширені переважно на околицях, а другі майже суцільною площею покривають центральну частину міста. В природно-антропогенних ландшафтах переважним підтипом ґрунту є темно-сірий лісовий звичайний суглинковий чи легкоглинистий неоглеєний або глеуватий на лесоподібному суглинку. Найбільш збережений ґрунтовий покрив представлений у міських парках і лісопарках, де поширені темно-сірі лісові ґрунти на лесоподібному суглинку, оглеєні їх різновиди, а також лугово-чорноземні і дернові оглеєні ґрунти [12, 13].

Таблиця 1  
Розподіл обсягів викидів забруднюючих речовин за стаціонарними і пересувними джерелами забруднення м. Чернівці (%)

Частка у викидах джерел	Роки							
	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Стаціонарних	7,7	8,4	8,2	7,7	7,3	8,4	8,3	8,2
Пересувних	92,3	91,6	91,8	92,3	92,7	91,6	91,7	91,8

Аналіз даних табл. 1 показує, що внесок пересувних джерел у загальну картину забруднення атмосферного повітря м. Чернівці є стабільно високим і коливається в межах 91,6–92,3 %. Тому можна припускати, що при низьких швидкостях вітру основним забрудником атмосферного повітря і відповідно атмосферних опадів є викиди автотранспорту.

Серед компонентів викидів забруднюючих речовин найбільший вплив на формування екологічної небезпеки атмосферних опадів мають кислототвірні сполуки, які при взаємодії з атмосферою водою перетворюються на кислоти і сприяють пониженню значення рН опадів. На рис. 4 представлено внесок стаціонарних і пересувних джерел у обсяги викидів кислототвірних сполук (оксидів сірки, оксидів азоту, оксиду вуглецю). Аналіз даних рис. 4 показує, що за рахунок викидів пересувних джерел формується основна кількість викидів кислототвірних сполук. Так, внесок пересувних джерел у викиди двооксиду сірки складає 60,4 %, оксидів азоту – 93 %, оксиду вуглецю – 97,4 % і двооксиду вуглецю – 58,3 %.

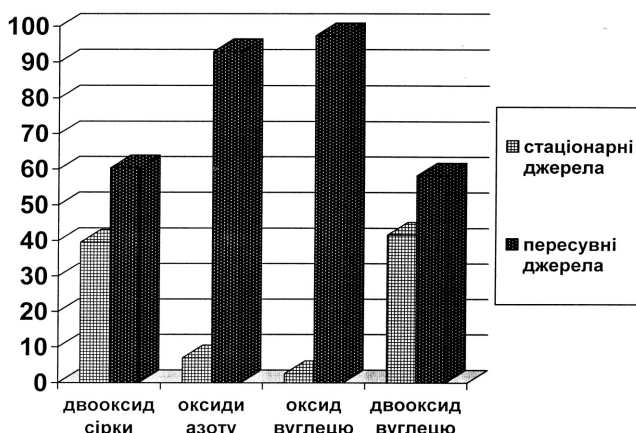


Рис. 4. Розподіл обсягів викидів кислототвірних сполук за стаціонарними і пересувними джерелами забруднення м. Чернівці (%)

Більша частина всіх пилогазових викидів автотранспорту попадає на землю: гази переважно у вигляді опадів, а пил під дією сили тяжіння. В залежності від кількості, тривалості впливу, виду забруднювачів, а також властивостей ґрунтів це приводить до різноманітних негативних наслідків.

На території міста Чернівці виділяються природно-антропогенні та техногенні ландшафтні ком-

плекси різних рангів. Перші поширені переважно на околицях, а другі майже суцільною площею покривають центральну частину міста. В природно-антропогенних ландшафтах переважним підтипом ґрунту є темно-сірий лісовий звичайний суглинковий чи легкоглинистий неоглеєний або глеуватий на лесоподібному суглинку. Найбільш збережений ґрунтовий покрив представлений у міських парках і лісопарках, де поширені темно-сірі лісові ґрунти на лесоподібному суглинку, оглеєні їх різновиди, а також лугово-чорноземні і дернові оглеєні ґрунти [12, 13].

Однією з характерних особливостей структури ґрунтового покриву міста, на відміну від природного, є його переривчастість, фрагментарність, зміна фундаментами будинків, комунікаціями, кар'єрами і запечатанням під дорогами й асфальто-бетонними покриттями. Площа відкритих незапечатаних ділянок залежно від ступеня урбанізації сильно розрізняється в різних районах міста – від 5–10 % у центрі до 70–80 % на його околицях. Специфічні морфологічні ознаки міських ґрунтів, що відрізняють їх від природних наступні: незначна гумусованість профілю, велика кількість щербенисто-каменистого матеріалу (до 45 %) та різноманітних відходів на різних глибинах по профілю, неоднорідність забарвлення тощо. Це негативно впливає на продуктивну функцію ландшафту міста як через фізичні, так і через хімічні механізми деградації [13].

Ряд авторів [10, 13] вважають, що стійкість ґрунту до хімічного забруднення визначається такими властивостями ґрунту, як вміст гумусу, механічний склад, реакція середовища, водний режим.

Кислоти, що поступають з опадами, негативно впливають на вказані властивості ґрунту. Протони, попадаючи в ґрунт, заміщають катіони, які сорбційно пов'язані з колоїдними частинками ґрунту і внаслідок цього ці частинки мігрують в глибокі шари, будучи при цьому вже недоступними для коренів рослин. Окрім того такі ґрунти починають володіти певним ступенем фітотоксичності. В зв'язку з цим виникає необхідність більш детального вивчення деяких властивостей придорожніх ґрунтів для визначення їх вразливості під впливом локальних екологічно небезпечних атмосферних опадів.

## 5. Висновки

Досліджено взаємозв'язки формування екологічної небезпеки атмосферних опадів і показано, що внаслідок утворення локальних осередків забруднення атмосферного повітря і умов вимивання забруднюючих речовин опадами можливе формування на певних урбанізованих територіях локально небезпечних опадів. При цьому критерієм оцінки екологічної небезпеки атмосферних опадів ефективно може виступати показник рН дощового розчину.

Встановлено, що в м. Чернівці до 2004 р. найбільш низькі значення рН атмосферних опадів спостерігалися при східних (6,43) і південно-східних (6,72) напрямках вітрів. Після 2004 р. найменші значення спостерігаються при північно-західних вітрах (6,42) і

високих швидкостях вітру. При низьких швидкостях вітру згладжуються розподіл рН із збереженням найнижчих значень по північно-західному напрямку. При цьому спостерігається загальне пониження рН опадів за всіма вітровими напрямками.

За рахунок викидів пересувних джерел в м. Чернівці формується основна кількість викидів кислототвірних сполук. Так, внесок пересувних джерел у викиди двооксиду сірки складає 60,4 %, оксидів азоту – 93 %, оксиду вуглецю – 97,4 % і двооксиду вуглецю – 58,3 %.

#### Література

1. Шмандій, В. М. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави [Текст] / В. М. Шмандій, О. В. Шмандій // Екологічна безпека. – 2008. – № 1. – С. 9–15.
2. Жукинский, В. Н. Экологический риск и экологический ущерб качеству поверхностных вод: актуальность, терминология, количественная оценка [Текст] / В. Н. Жукинсий // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 2. – С. 213–321.
3. Орел, Д. С. До концепції екологічного ризику в Україні [Текст] / Д. С. Орел, М. С. Мальований // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: збірник наукових праць. Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2008. – № 609. – С. 285–289.
4. Афанасьев, С. А. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты [Текст] / С. А. Афанасьев, М. Д. Гродзинский. – К.: АйБи, 2004. – 59 с.
5. Звягінцева, Г. В. Методика з оцінки екологічних ризиків при забрудненні навколишнього природного середовища [Текст] / Г. В. Звягінцева // Вісник Донецького національного університету. Серія А: Природничі науки. – 2009. – Вип. 2. – С. 307–316.
6. Добровольський, В. В. Алгоритм визначення безпеки екологічної системи з врахуванням ризиків [Текст] / В. В. Добровольський // Наукові праці ДГУ ім. Петра Могили. Серія: Екологія. – 2008. – Т. 87, Вип. 74. – С. 11–15.
7. Масенко, О. Г. Ієрархічний підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану екосистем поверхневих вод України [Текст] / О. Г. Масенко, О. В. Поддашкін, О. В. Рибалова та ін. // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: збірник наукових праць. – 2010. – Вип. XXXII. – С. 75–90.
8. Рибалова, О. В. Визначення рівня екологічної небезпеки в регіонах України на основі оцінки екологічного ризику [Текст] / О. В. Рибалова, С. В. Белан, Є. О. Варивода // Збірник наукових праць. – 2010. – Вип. 12. – С. 132–142.
9. Юнге, Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы [Текст] / Х. Юнге; пер. с англ. В. Н. Петрова, А. Я. Прессмана. – М.: Мир, 1965. – 424 с.
10. Тарасова, Т. Ф. Оценка воздействия кислотных дождей на элементы экосистемы промышленного города [Текст] / Т. Ф. Тарасова, О. В. Чаловская // Вестник Оренбургского государственного университета. Естественные и технические науки. – 2005. – Вип. 10. – С. 80–84.
11. Кіптенко, Є. М. Розроблення схеми короткотермінового прогнозу забруднення повітря для міста Луцька [Текст] / Є. М. Кіптенко, Т. В. Козленко // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 318–330.
12. Колядинський, П. Мікрокліматичні та орографічні чинники функціонального зонування території великого міста (на прикладі міста Чернівці) [Текст] / П. Колядинський // Науковий вісник Чернівецького університету. – 2008. – Вип. 434. – С. 49–61.
13. Польшина, С. М. Регуляторна функція лісопаркових насаджень в урбоантропогенезі [Текст] / С. М. Польшина // Екологія та ноосферологія. – 2006. – Т. 16, № 1-2. – С. 122–128.