

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ГЕРЕЦУН ГАЛИНА МИХАЙЛІВНА**

**УДК 504.5:551.577.13**



**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ В УМОВАХ  
ТЕХНОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ**

**21.06.01 – екологічна безпека**

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

**Львів - 2019**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на Чернівецькому факультеті Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор  
**Масікевич Юрій Григорович**,  
професор кафедри гігієни та екології ВДНЗ  
«Буковинський державний медичний  
університет», м. Чернівці

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Мальований Мирослав Степанович**  
завідувач кафедри екології та  
збалансованого природокористування  
Національного університету «Львівська  
політехніка», м. Львів

доктор технічних наук, професор  
**Архипова Людмила Миколаївна**  
завідувач кафедри туризму  
Івано-Франківського національного технічного  
університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ

Захист дисертації відбудеться 11 жовтня 2019 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.22 в Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 76057, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 130, аудиторія 105.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий 10 вересня 2019 р .

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради К35.052.22

к.т.н., доц.



Сабадаш В.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Серед компонентів навколишнього середовища атмосферні опади займають особливе місце. Випадання води у вигляді дощів є найбільш важливим механізмом, завдяки якому основна кількість живих організмів отримує вологу. Однак інтенсифікація діяльності людини призвела до збільшення емісії в атмосферу газів і аерозолів антропогенного походження. Вимиваючись із атмосфери, забруднюючі речовини призводять до виникнення техногенно-трансформованих опадів, а тому атмосферні опади самі по собі починають відігравати роль чинника екологічної небезпеки.

Аналіз існуючих наукових досліджень дозволяє констатувати наступне: при достатній вивченості особливостей проявів екологічної небезпеки, наявності науково-обґрунтованого підходу до вирішення проблем екологічної небезпеки, сформованої джерелами викидів забруднюючих речовин, роль атмосферних опадів, як фактору формування екологічної небезпеки урбанізованих територій, вивчена недостатньо.

Саме тому і виникла необхідність встановлення особливостей формування екологічної небезпеки урбанізованих територій під впливом техногенно-трансформованих опадів та розробки рішень з управління екологічною безпекою стосовно підвиду екологічної небезпеки, сформованої чинниками техногенно-трансформованих опадів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Напрямок дисертаційного дослідження відповідає «Концепції національної екологічної політики України на період до 2020 року», затвердженої Розпорядженням КМУ від 17.10.2007 року №880-р. Дисертаційна робота виконана відповідно до «Державної цільової програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища на період 2008-2012 рр.», затвердженої постановою КМУ від 05.12.2007 року №1376, в рамках Регіональних комплексних програм з охорони навколишнього природного середовища «Екологія» у Чернівецькій області на 2011-2015 роки (рішення сесії Чернівецької обласної ради від 29.03.2011 № 10-4/11 ) та на 2016-2018 роки (рішення 4 сесії Чернівецької обласної ради VII скликання від 15.03. 2016 року № 19-4/16). Виконані дослідження є складовою частиною науково-дослідних робіт, які проводились кафедрою екології і права Чернівецького факультету Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за напрямком «Дослідження впливу антропогенних та метеорологічних чинників на стан довкілля та біорізноманіття урбанізованих і заповідних територій Карпатського регіону».

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є встановлення особливостей формування екологічної небезпеки урбанізованих територій під впливом техногенно-трансформованих опадів.

Для досягнення мети були поставлені і вирішені такі завдання:

- охарактеризувати особливості атмосферних опадів, як об'єкту оцінки екологічної небезпеки урбанізованих територій та провести ідентифікацію джерел екологічної небезпеки, що впливають на формування складу опадів;

- здійснити аналіз довготривалих тенденцій зміни хімічного складу атмосферних опадів міста Чернівці;
- проаналізувати роль транспортних мереж і викидів автотранспорту в утворенні придорожніх зон підвищеної екологічної небезпечності опадів;
- встановити кореляційні залежності між компонентами атмосферних опадів;
- проаналізувати кінетичні особливості вимивання забруднюючих речовин;
- обґрунтувати вибір критеріїв оцінки екологічної безпеки урбанізованих територій, яка формується під впливом техногенно-трансформованих опадів.
- розробити структурну схему управління екологічною безпекою атмосферних опадів з деталізацією значимих складових безпеки та її джерел;

**Об'єкт дослідження** – процес формування екологічної безпеки урбанізованої території під впливом атмосферних опадів.

**Предмет дослідження** – чинники, що зумовлюють формування екологічної безпеки при впливі техногенно-трансформованих атмосферних опадів.

**Методи досліджень.** Методологічною основою теоретичних досліджень даної дисертаційної роботи є системний аналіз факторів і умов формування екологічної безпеки та пошук методів управління екологічною безпекою. У процесі виконання роботи використано комплексний метод досліджень, який базується на логічному узагальненні та систематизації інформаційної бази. Лабораторно-аналітичний метод використовувався для визначення ряду показників у пробах води і ґрунту. Методи регресійного аналізу використовувались для встановлення залежностей між компонентами атмосферних опадів. Обробка, збереження інформації та отримання функціональних залежностей здійснювалось за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel, Statistica 6.0.

Достовірність результатів забезпечена застосуванням відомих методів та апробованих методик, лабораторним контролем визначення похибок складу проб та математичною перевіркою даних на наявність статистично достовірного взаємозв'язку за допомогою рангових коефіцієнтів кореляції. Проміжними критеріями обґрунтованості і достовірності висновків роботи є їх обговорення на численних конференціях, отримання позитивних рецензій на статті, що публікувалися у фахових виданнях та використання отриманих результатів на практиці.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

#### ***Вперше:***

1. Теоретично обґрунтовано особливості формування екологічної безпеки урбанізованих територій під впливом атмосферних опадів з ідентифікацією факторів екологічної безпеки.
2. Обґрунтовано вибір критеріїв для кількісної оцінки рівнів екологічної безпеки урбанізованих територій, яка формується під впливом техногенно-

трансформованих опадів та розроблено шкалу оцінки відповідно до розглянутих критеріїв.

3. Розроблено структурну схему управління екологічною безпекою атмосферних опадів з деталізацією значимих складових небезпеки та її джерел.

***Набули подальшого розвитку наукові підходи:***

4. Одержання кінетичних закономірностей вимивання сульфатів та нітратів опадами.

5. Вивчення довготривалих тенденцій зміни хімічного складу атмосферних опадів.

6. Встановлення кореляційних залежностей між компонентами атмосферних опадів.

7. Розробки заходів зниження негативних впливів екологічно небезпечних опадів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у можливості використання теоретичних і практичних досліджень наукової роботи при розробці комплексу заходів по зниженню екологічної небезпеки атмосферних опадів і підвищенню якості природних середовищ урбанізованих територій.

Результати дисертаційної роботи використані Управлінням екології та природних ресурсів Чернівецької обласної державної адміністрації при складанні планів природоохоронних заходів по зниженню негативних впливів на міське середовище. Результати дисертаційного дослідження впроваджуються у навчальний процес Чернівецького факультету Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» під час проведення лекційних та практичних занять із курсів «Екологічна безпека та експертиза», «Урбоекологія», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище».

**Особистий внесок здобувача.** Автором особисто обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено методи дослідження, систематизовано та узагальнено інформаційну базу дослідження, проведені дослідження хімічного складу опадів, здійснена статистична обробка результатів, сформульовано науково обґрунтовані висновки. Визначення напрямків дослідження, обговорення поставлених задач проводились та виконувались під керівництвом д.б.н., проф. Масікевича Ю.Г.

**Апробація матеріалів дисертації.** Наукові положення, висновки та пропозиції дисертаційного дослідження доповідались, обговорювались і були схвалені на засіданнях кафедри екології і права Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Основні положення та результати дисертаційного дослідження були представлені в доповідях на таких міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях: Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологічна безпека держави» (м. Київ, 2011 р.; 2012 р.; 2015 р.); Всеукраїнська науково-практична конференція «Регіональні та транскордонні проблеми екологічної безпеки. Горбуновські читання» (м. Чернівці, 2011 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Карпатська конференція з проблем охорони довкілля» (м. Мукачєво-Ужгород, 2011 р.); Всеукраїнська наукова конференція «Екологія,

неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків, 2011 р.); 3-й міжнародний конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 2014 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, 2014 р.); Науково-практична конференція «Еколого – правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів» (м. Харків 2015 р.); Науково-практична конференція «Екологічний стан і здоров'я жителів міських екосистем. Горбуновські читання» (м. Чернівці, 2016 р.).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 21 науковій праці. З них: 6 статей у наукових фахових виданнях України, що входять до наукометричних баз даних (Index Copernicus), 4 статті у фахових виданнях України, 1 стаття у наукових періодичних виданнях інших держав, 10 публікацій у збірниках матеріалів конференцій.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи** обумовлені предметом, метою та завданням дослідження. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 164 сторінках машинописного тексту. Робота містить 19 таблиць та 35 рисунків, список використаних джерел налічує 166 найменувань. Дисертація містить 4 додатки.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Сформульовані мета і завдання дослідження, наукова новизна, практична цінність отриманих результатів. Визначені об'єкт та предмет дослідження, методи дослідження. Наведено інформацію щодо наукових публікацій, апробацій та впровадження результатів роботи.

В **першому розділі** «Теоретичні та методологічні основи дослідження екологічної безпеки регіону в умовах впливу техногенно-трансформованих атмосферних опадів» проаналізовано теоретичні та практичні дослідження з питань оцінки екологічної безпеки територій та складових елементів екосистеми.

Дослідження екологічної безпеки, виявлення екологічних кризових явищ в урбоекосистемах має велике значення при розробці першочергових заходів екологічної стабілізації урбанізованих територій. Різним аспектам екологічної безпеки приділяється увага багатьох дослідників, а саме: Боголюбова С.А., Шмандія В.М., Клименка М.О., Мальованого М.С., Архипової Л.М., Адаменка Я.О., Добровольського В.В., Орла Д.С., Харламової О.В., Рибалової О.В., Афанасьєва С.А., Жукинського В.М. та інших.

Аналіз основних напрямків досліджень показав, що у світовій і вітчизняній науковій літературі велика увага приділяється аналізу умов формування хімічного складу опадів різних регіонів світу; оцінці процесів трансформації складу опадів на урбанізованих територіях; дослідженням впливу кислотних опадів на деякі екосистеми. В той же час відсутня чітка

систематизація кількісних показників, які можна використовувати як критерії оцінки екологічних небезпек, зумовлених атмосферними опадами.

Існуючі підходи до оцінки екологічної безпеки територій та компонентів навколишнього середовища характеризуються різноплановістю і набором широкого спектру показників. Однак, жодна із наведених методик не може безпосередньо використовуватись для оцінки екологічних небезпек, зумовлених техногенною трансформацією атмосферних опадів. На основі аналізу цієї інформації сформульовано мету та завдання досліджень.

У **другому розділі** розглянуто об'єкти і методи досліджень. Сформована загальна методологія дослідження та наведено логічно-послідовну схему теоретичних та експериментальних дисертаційних досліджень в межах об'єкту дослідження, яка складається з трьох послідовних взаємно пов'язаних блоків.

Охарактеризовано основні умови і фактори, що можуть приводити до виникнення екологічних небезпек, зумовлених атмосферними опадами. Приведені на рис. 1. 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.

Розміщення транспортних магістралей, їх спрямованість у просторі відносно пануючих вітрів, щільність забудови, функціональне зонування міського середовища мають суттєвий вплив на створення осередків, де опади будуть мати завідомо більшу концентрацію забруднюючих речовин. Внесок пересувних джерел у загальну картину забруднення атмосферного повітря м.Чернівці є стабільно високим і коливається в межах 90,7 – 92,3 %. При цьому, переважаюча кількість кислототвірних сполук також є результатом викидів пересувних джерел і їх внесок у викиди двооксиду сірки складає 60,4%, оксидів азоту – 93%, оксиду вуглецю – 97,4% і двооксиду вуглецю – 58,3%.

На основі вищевикладеного визначено ключові території, точки відбору експериментальних проб, перелік контрольованих компонентів та методики визначення компонентів хімічного складу атмосферних опадів. Описано інформаційну базу дослідження та методи дослідження.

**Третій розділ** «Дослідження хімічного складу атмосферних опадів міста Чернівці» присвячений аналізу довготривалих тенденцій зміни показників атмосферних опадів та оцінці надходження хімічних речовин із атмосферними опадами на територію м. Чернівці.

Здійснено аналіз даних моніторингу атмосферних опадів. Встановлено трансформацію хімічного складу, що супроводжується перерозподілом кількостей основних іонів та закисленням атмосферних опадів. Найбільш характерними модифікаціями є сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієві та гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієві типи атмосферних опадів.

Для часової динаміки вмісту хімічних компонентів характерним є суттєві відмінності у складі опадів у холодний і теплий періоди року. Виявлено утворення локальних осередків підвищеного забруднення атмосферного повітря, що зумовлює трансформацію хімічного складу опадів.

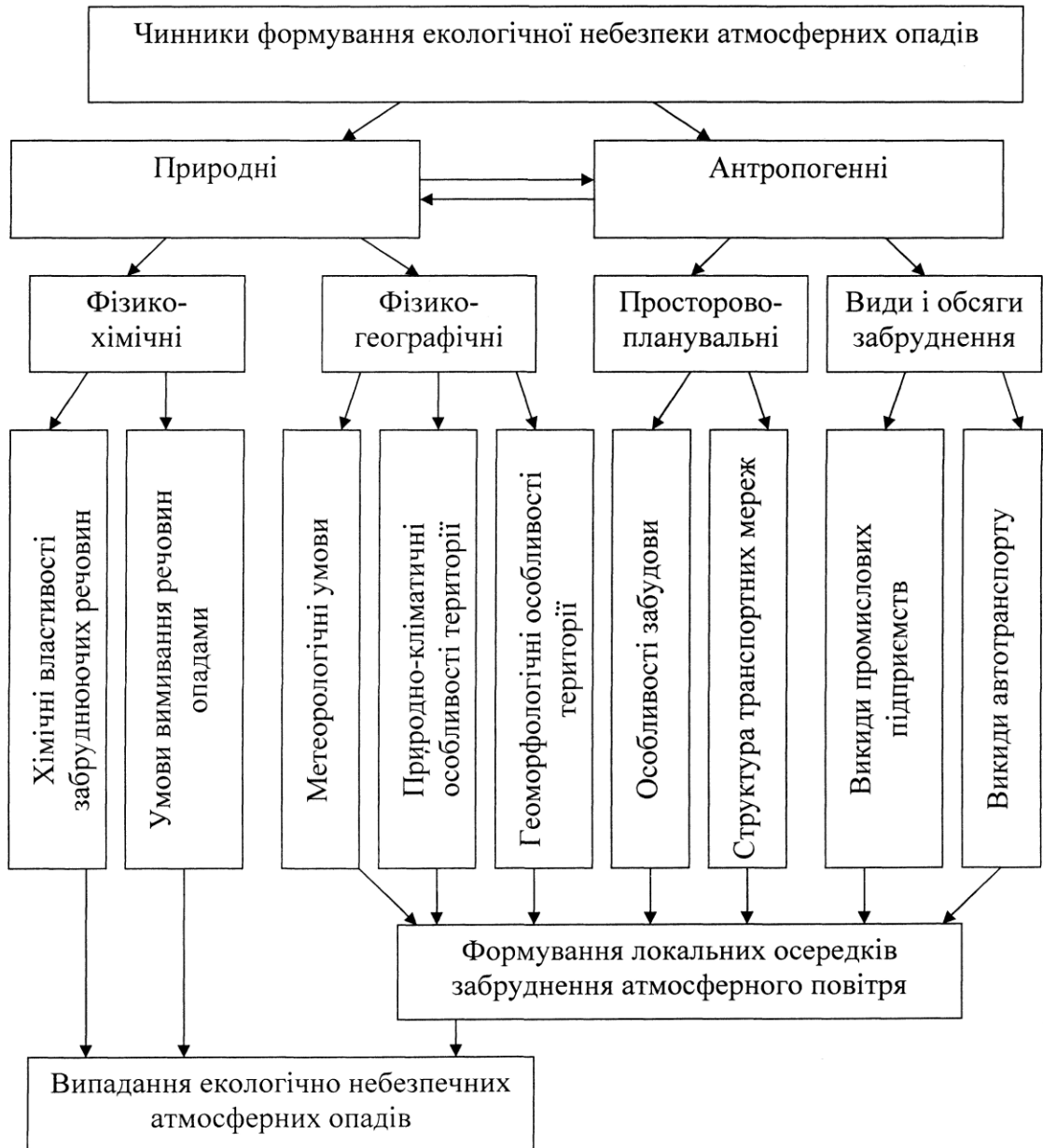


Рисунок 1 – Основні чинники формування екологічної небезпеки атмосферних опадів

Атмосферні опади міста Чернівці показують тенденцію до стійкого закислення, що супроводжується зростанням вмісту деяких кислотоформуєчих аніонів, характеризуючись при цьому низькою нейтралізаційною здатністю. За період 2008-2018 років найбільш часто зустрічалися опади (за середньомісячними значеннями) із показниками рН в межах 6,01-6,5 (28,1% випадків) та 5,51-6,0 (26,53% випадків). В межах 5,51-6,5 випадає більша частина атмосферних опадів в місті (54,63%). В той же час 23,5% опадів є кислотними (рис. 2).



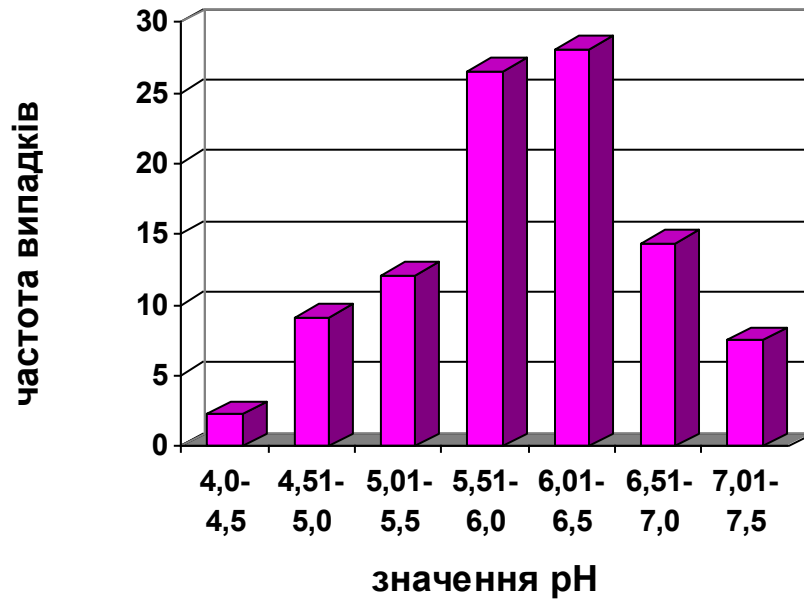


Рисунок 2 – Розподіл частоти повторень опадів із певними значеннями рН, %

Тобто, практично кожний четвертий випадок опадів в м. Чернівці є кислотними. Така тенденція є загрозливою з точки зору екологічної безпеки екосистем.

Характеристику кислотно-основних властивостей опадів за допомогою значення рН легко і зручно проводити для орієнтовної оцінки екологічної небезпеки. Однак для більш детального розуміння виникнення небезпечних опадів слід враховувати внесок в кислотно-основний баланс окремих компонентів. Для оцінки співвідношення основних кислотоформуєчих і нейтралізаційних характеристик атмосферних опадів використовується відношення потенціалу нейтралізації (NP) до потенціалу закислення (AP):

$$\frac{NP}{AP} = \frac{\sum NH_4^+ + Ca^{2+}}{\sum NO_3^- + SO_4^{2-}} \quad (1)$$

Для міста Чернівці між відношенням NP/AP і рН встановлений позитивний лінійний кореляційний зв'язок з достатньо високим ступенем кореляційної спорідненості (рис. 3). Отримана графічна залежність демонструє комплексність показника рН, так як у відношення NP/AP входять основні кислототвірні аніони і їх основні нейтралізатори. Тому значення рН атмосферних опадів може служити критерієм оцінки екологічної безпеки міської території, яка піддається впливу техногенно-змінених атмосферних опадів.

Встановлення математичних залежностей між компонентами опадів є загальноприйнятим підходом в аналізі їх хімічного складу. Проведений кореляційно-регресійний аналіз (табл. 1) між компонентами опадів дає можливість оцінювати можливі форми переважаючих сполук у складі опадів.

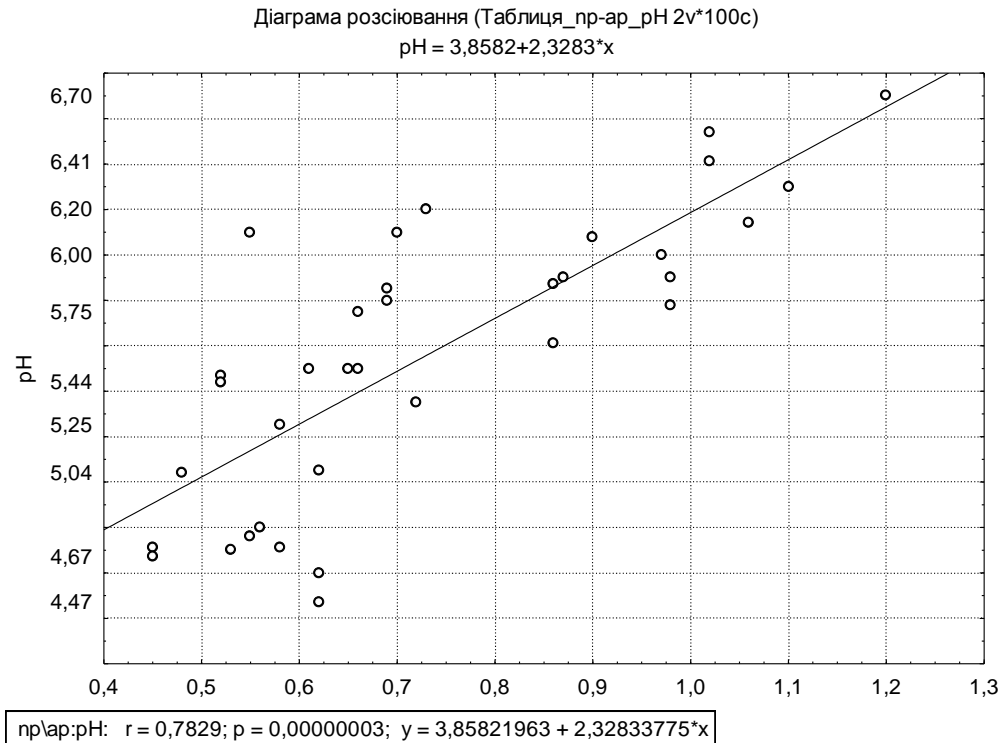


Рисунок 3 – Функціональна залежність NP/AP – рН для атмосферних опадів м. Чернівці

Таблиця 1 – Види функціональних залежностей між компонентами опадів

Пара компонентів $y = f(x)$	Вид математичного рівняння	Коефіцієнт кореляції
$\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+}$	$y = 1,9465 + 2,2468x$	0,87
$\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$	$y = 0,5061 + 2,557x$	0,92
$\text{SO}_4^{2-} - \text{Mg}^{2+}$	$y = 2,3289 + 7,1721x$	0,74
$\text{HCO}_3^- - \text{Mg}^{2+}$	$y = 2,013 + 7,5939x$	0,77
$\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$	$y = 1,2484 + 3,5719x$	0,84
$\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$	$y = 0,1346 + 0,297x$	0,77
$\text{SO}_4^{2-} - \text{NH}_4^+$	$y = 2,8971 + 3,4294x$	0,76
$\text{K}^+ - \text{NO}_3^-$	$y = 0,2685 \cdot \exp(0,7082x)$	0,69
$\sum \text{іонів} - \text{pH}$	$y = 307,2784 - 106,8913x + 9,6924x^2$	0,64

Враховуючи, що найвищі коефіцієнти кореляції між катіонами і аніонами припадають на сульфати і гідрокарбонати (аніони переважно континентального походження), а хлориди з катіонами мають нижчі рівні спорідненості, можна припустити переважання континентального впливу з високою антропогенною складовою у формуванні складу опадів м. Чернівці.

**Четвертий розділ** «Управління якістю міської території в умовах впливу атмосферних опадів». Сучасне місто є високо урбанізованою системою, де вулиці займають ключові положення у структурі міста. Дорожньо-

транспортний комплекс із сукупністю автомобільного полотна та рухомого складу виступає джерелом забруднення довкілля.

Викиди від автотранспортного комплексу розсіюються в приземному шарі атмосфери, з якого опади вимивають забруднюючі речовини. Роль опадів у цьому комплексі є двоякою: з однієї сторони вони виступають фактором очищення атмосфери, поглинаючи забруднюючі речовини, з другої сторони, за рахунок випадання на придорожні території, опади виступають джерелом її забруднення.

Процес вимивання атмосферних домішок відбувається від початку випадання опадів і до досягнення рівноважного стану, при якому подальша концентрація компонентів в опадах практично залишається стабільною на певному значенні. Особливістю першого періоду вимивання є проходження його в кінетичному режимі, що характеризується швидкою зміною концентрацій компонентів в опадах і може бути описано на основі закономірностей кінетики.

Для кінетичного процесу вимивання домішок з повітряного середовища швидкість можна визначати рівнянням другого порядку

$$v = -\frac{dC}{d\tau} = k \cdot C_1 \cdot C_2 \quad (2)$$

Звідси, якщо концентрації взяті в еквімолярному співвідношенні, то

$$-\frac{dC}{d\tau} = k \cdot C^2 \quad (3)$$

Провівши інтегрування рівняння (3) по часу в межах від 0 до  $\tau$  і по концентрації від  $C_0$  до  $C$ , отримаємо вираз

$$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = k \cdot \tau \quad (4)$$

Якщо у виразі 4 поточну концентрацію позначити через  $x$ , то

$$\frac{x}{C_0(C_0 - x)} = k \cdot \tau \quad (5)$$

У виразі 5 період вимивання для концентрації  $x = \frac{C_0}{2}$  складає

$$\tau_{1/2} = \frac{1}{k \cdot C_0} \quad (6)$$

З виразу 6 випливає, що період напіввиведення є обернено пропорційним вихідній концентрації речовини.

Для встановлення кінетичних закономірностей вимивання забруднюючих речовин опадами було проведено дослідження зміни концентрацій в опадах в залежності від часу вимивання (табл. 2). Аналіз результатів проведеного експерименту показує, що спостерігається помітне зменшення концентрації сульфатів і нітратів у воді дощових опадів (2,2-2,35 раз) зі збільшенням тривалості опадів. За досліджуваній часовий проміжок спостерігається підвищення показника рН опадів у 1,6 раз. Найбільш небезпечними для підстилаючої поверхні є перші порції опадів, рН яких коливається від 3,5 до 4,5. З часом кислотні компоненти вимиваються із атмосфери і рН опадів виходить за межі кислотних, піднімаючись до значення 5,6.

Таблиця 2 – Вплив тривалості опадів на показники забруднюючих речовин в атмосферних опадах

Показники	Значення усереднених показників в пробах при різній тривалості опадів, хв.			
	15	30	45	60
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	4,7 ±0,2	3,0±0,15	2,1±0,11	2,0±0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,1±0,04	0,9±0,03	0,6±0,022	0,5±0,01
pH	3,5±0,15	4,5±0,22	5,3±0,25	5,6±0,25

Для подальшого аналізу кінетичних закономірностей було розраховано величини константи швидкості реакції, період напіввиведення забрудників. З рівняння 4, шляхом підстановки експериментальних даних, було знайдено константи реакції вимивання (табл. 3). На наступному етапі з рівняння 6 було обчислено час, який необхідний щоб реакція другого порядку по вимиванню речовин пройшла на 50% та 87,5%.

Таблиця 3 – Кінетичні параметри, що характеризують процес вимивання опадами окремих домішок з атмосферного повітря

Кінетичні параметри	Домішки	
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Константа швидкості реакції, k, (дм <sup>3</sup> /(мг·хв))	0,007	0,028
Період напіввиведення, t <sub>1/2</sub> (хв)	12,1	11,5
Час виходу системи в рівноважний стан, t <sub>87,5</sub> (хв)	36,3	34,5

По сульфатах і нітратах спостерігається подібність як у часі напіввиведення, так і часі виходу системи в рівноважний стан. Оскільки попередниками сульфатів і нітратів в атмосферному повітрі найчастіше є газоподібні двооксид сірки і оксиди азоту, то цим і пояснюється схожість кінетичних параметрів їх вимивання.

Отже, в результаті дослідження було встановлено, що із збільшенням тривалості опадів підвищується ефективність самоочищення придорожного атмосферного середовища від домішок, однак збільшується навантаження на придорожні ландшафти.

Аналіз хімічного складу атмосферних опадів різних зон міста (табл. 4) показує, що в досліджуваній період атмосферні опади всіх експериментальних ділянок відносяться до сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієвого типу. Однак концентрації окремих компонентів мають суттєві відмінності, що підтверджує прогнози, щодо утворення локальних осередків підвищеного забруднення атмосферного повітря, що зумовлює трансформацію хімічного складу опадів.

Таблиця 4 – Хімічний склад опадів різних територій м. Чернівці

*Пост	Концентрації компонентів опадів, мг/дм <sup>3</sup>							рН
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	
1	0,73	0,36	0,47	5,0	4,2	1,52	0,50	5,7
2	0,75	0,35	0,46	4,9	4,1	1,51	0,47	5,9
3	0,66	0,29	0,45	3,8	3,5	1,26	0,39	6,3

\*Примітка: 1 – вул. Руська (центр), 2 – просп. Незалежності, 3 – вул.Таджицька (фонова)

Для ефективного прогнозування можливих екологічних загроз та прийняття управлінських рішень по покращенню стану навколишнього середовища, необхідно провести якісну та кількісну оцінку рівня небезпеки. Враховуючи особливості атмосферних опадів та результати проведених досліджень, пропонується якісну і кількісну оцінку проводити за наступними параметрами:

- для орієнтовної оцінки можливих проявів небезпек, зумовлених атмосферними опадами використовувати значення показника рН;
- для більш поглибленої оцінки використовувати адаптований до умов аналізу атмосферних опадів індекс екологічної якості (EQI).
- для кількісної оцінки небезпеки впливу атмосферних опадів на певну територію використовувати суму модулів надходження хімічних компонентів опадів.

Проаналізувавши атмосферні опади міста Чернівці, відповідно до розробленої шкали рівнів екологічної небезпеки опадів за показником рН, можна відмітити, що за середньорічними значеннями рН опади відносяться до допустимого рівня екологічної небезпеки. В той же час фіксується перехід від ступеня екологічної небезпеки «безпечний» (1998-2007 рр.) до ступеня «слабо небезпечний» з 2008 року.

Також слід відмітити, що по частоті розподілу значень рН в опадах міста, більша частина (54,63%) атмосферних опадів в місті відноситься до рівня екологічної небезпеки «допустимий» і ступеня «слабо небезпечний», а 21,5% до ступеня «безпечний». При цьому 23,5% опадів, що випадають в місті мають рівень екологічної небезпеки «недопустимий».

Індекс екологічної якості (EQI) знайшов широке використання в зарубіжних гідрохімічних оцінках. Визначення цього індексу базується на порівнянні значень показників отриманих у конкретному створі із значеннями показників, що отримані в еталонних умовах.

$$EQI = \sum_{i=1}^N \frac{P_i}{P_e} \quad (7)$$

де, P<sub>i</sub> – значення показника в і-му створі;

$P_e$  – значення показника в еталонному створі.

$N$  – загальна чисельність показників.

На відміну від більшості комплексних індексів, EQI можна застосовувати і для умов оцінки екологічної небезпеки атмосферних опадів, оскільки порівняння йде не з допустимими гідрохімічними нормативами (у випадку застосування яких до атмосферних опадів завжди будуть екологічно безпечні значення), а із еталонними показниками, що визначаються у еталонному створі. Для випадку опадів в якості еталонних значень можна використовувати фонові значення для конкретної території, оскільки для різних регіонів формується свій специфічний склад опадів.

Діапазон значень EQI обумовлений розмахом відмінностей концентрацій компонентів в атмосферних опадах в різних регіонах України.

Оцінка екологічної небезпеки атмосферних опадів м. Чернівці, проведена на основі цього підходу показала, що атмосферні опади міста відносяться до I класу і слабонебезпечного ступеня екологічної небезпеки із значенням EQI для середньорічних показників – 1,05, показників в пунктах спостереження №1 і №2 – 1,2.

Використання модуля надходження хімічних сполук на територію вже давно використовується на практиці, найчастіше для встановлення внеску атмосферних опадів у забруднення поверхневих водних джерел. Однак, його можна з успіхом використовувати для оцінки небезпеки впливу атмосферних опадів на територію. В якості критерію зручно буде користуватися сумою модулів надходження окремих компонентів опадів

$$P_{\Sigma} = \sum \frac{C_i \cdot X}{1000} \quad (8)$$

де,  $C_i$  – середня концентрація  $i$ -го компонента в опадах за даний період;

$X$  – кількість опадів за досліджуваний період.

Градування ступеня небезпеки і величини сумарного модуля надходження хімічних компонентів доцільно проводити, опираючись на відомі значення максимальних і мінімальних модулів надходження хімічних речовин з опадами на окремі території України.

Розрахований для м. Чернівці сумарний середньорічний модуль надходження хімічних речовин складає 11,1 т/км<sup>2</sup> показав, що опади відносяться до «допустимого» рівня і «слабонебезпечного» ступеня екологічної небезпеки.

Підвищення рівня урбанізації викликає цілий ряд проблем, пов'язаних з розвитком міської території, техногенним впливом екологічно небезпечних опадів. Забруднення компонентів довкілля небезпечними хімічними речовинами є суттєвим чинником формування екологічної небезпеки.

Аналіз даних рис. 4 показує, що оцінка атмосферних опадів є невід'ємною складовою управління екологічною безпекою урбанізованої території по блоках:

1. Блок ідентифікації небезпечних факторів. Основні фактори, що мають вплив на формування екологічної безпеки атмосферних опадів для м. Чернівці є наступні:

- основними джерелами забруднення, що впливають на формування екологічно небезпечних опадів є викиди автомобільного транспорту. Облаштування автомобільної дороги та придорожньої території впливає на перерозподіл речовин-забрудників;
- ландшафтні особливості міста та територіальне облаштування є сприятливими до накопичення забруднюючих речовин, а їх вимивання призводить до виникнення локальних осередків, що знаходяться під впливом екологічно небезпечних опадів.

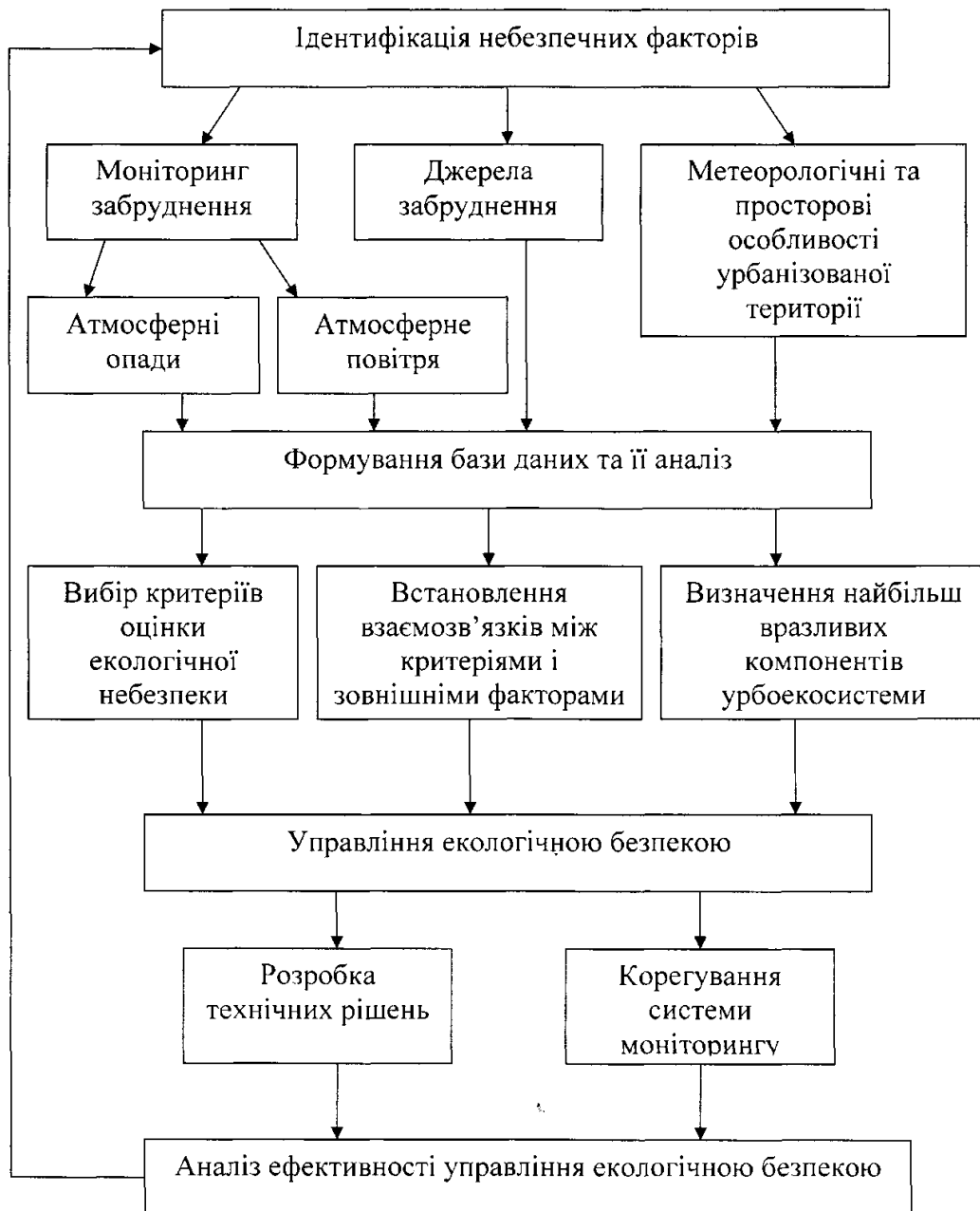


Рисунок 4 – Структурна схема управління екологічною безпекою в умовах впливу техногенно трансформованих опадів

2. Блок бази даних. Для орієнтовної оцінки в якості критерію найзручніше використовувати рН атмосферних опадів. Більш детальний аналіз із врахуванням впливу компонентів, що мають найбільший внесок доцільно використовувати індекс екологічної якості та модуль надходження хімічних речовин.

3. Блок управління екологічною безпекою. Розробка системи адміністративних і технологічних заходів спрямована на створення оптимального міського середовища і сприятливих умов для проживання.

На підставі проведених теоретичних та експериментальних досліджень можна сформулювати основні підходи, що сприятимуть зниженню небезпек в умовах впливу техногенно трансформованих опадів. Розробка рекомендацій по зменшенню негативного впливу екологічно небезпечних опадів повинна проводитися по двом основним напрямкам:

1. Зменшення факторів, що сприяють формуванню локальних осередків екологічно небезпечних опадів.
2. Нейтралізація наслідків негативних впливів.

Утворення осередків придорожніх зон з підвищеним рівнем забруднення є джерелом формування екологічно небезпечних опадів. Тому, в першу чергу, превентивні заходи повинні бути пов'язані із зменшенням рівня забруднення придорожніх зон. З метою реалізації вказаних підходів, в умовах обмеженості технічних аспектів, можуть бути рекомендовані наступні заходи.

#### **Організаційно-технічні заходи.**

- Удосконалення маршрутної і транспортної мережі. Слід передбачити раціональний розподіл потоків на найбільш несприятливих міських вулицях. Так, для історичної частини міста доцільно створити маршрути об'їзду найбільш небезпечних, з точки зору накопичення домішок, вулиць для транспортних засобів громадян. Таким чином, на цих маршрутах кількість транспортних засобів обмежиться громадським і службовим транспортом. А це значно зменшить навантаження забруднюючими речовинами.

- Впровадження одностороннього руху на вузьких вулицях міста, що зробить більш раціональним рух потоків автотранспорту.

- Врегулювання дорожнього руху для запобігання частих прискорень і гальмувань. Переважання стабільної і оптимальної швидкості руху буде сприяти зниженню автомобільних викидів.

- Оптимізація розміщення тимчасових стоянок автотранспорту. Організація облаштованих стоянок автомобільного транспорту для уникнення несанкціонованих паркувань, які приводять до зменшення ширини проїжджої частини і зачасту до утворення заторів.

#### **Містобудівні заходи.**

- Будова і реконструкція транспортних розв'язок.

- Побудова підземних гаражів-стоянок. При проектуванні нових житлових мікрорайонів обов'язково слід передбачити створення мережі підземного паркінгу. Також слід ввести програму поетапного переведення існуючих гаражних кооперативів на систему підземного паркінгу.



- Забезпечення достатньої відстані від зони житлової забудови до автомобільної дороги і облаштування її зеленими насадженнями. Місто Чернівці характеризується вкрай складною формою забудови, де важко дотримувати оптимальні відступи від доріг до житлових будівель і створення зелених зон. Однак, в нових проектах забудов необхідно планувати створення захисних зелених насаджень.

- Винесення мереж автозаправних станцій за межі міських забудов. В місті функціонують цілий ряд автозаправних станцій, які знаходяться в мікрорайонах житлової забудови, чим створюють додаткове забруднююче навантаження на атмосферне повітря.

**Економіко-правові заходи** повинні включати розробку системи податкових пільг для організацій пасажирських перевізників та доставки вантажів, які впроваджують природоохоронні заходи в свою діяльність.

Проведені дослідження свідчать, що придорожні зони є найбільш вразливими до впливу забруднюючих речовин, що вимиваються опадами з атмосферного повітря. Враховуючи схильність придорожніх ґрунтів до закислення, необхідно періодично проводити їх вапнування для зниження кислотності і уникнення підвищення вимивання окремих компонентів.

Розрахунок за нормативним методом величин чистого  $\text{CaCO}_3$ :

$$D = 10 \cdot \Delta \text{pH} \cdot x \quad (9)$$

де,  $D$  – доза  $\text{CaCO}_3$ , т/га;

$\Delta \text{pH}$  – різниця між оптимальним і фактичним значенням  $\text{pH}_{\text{КСІ}}$ ;

$x$  – норма витрат  $\text{CaCO}_3$  на зміщення  $\text{pH}_{\text{КСІ}}$  на 0,1, т/га;

10 – коефіцієнт перерахунку на весь діапазон зміни  $\text{pH}$ .

В залежності від  $\text{pH}_{\text{сол}}$  (рис. 5) показують, що потреби у кількості вапна для різних типів міських придорожніх ґрунтів відрізняються незначно, визначальним фактором є їхня вихідна кислотність.

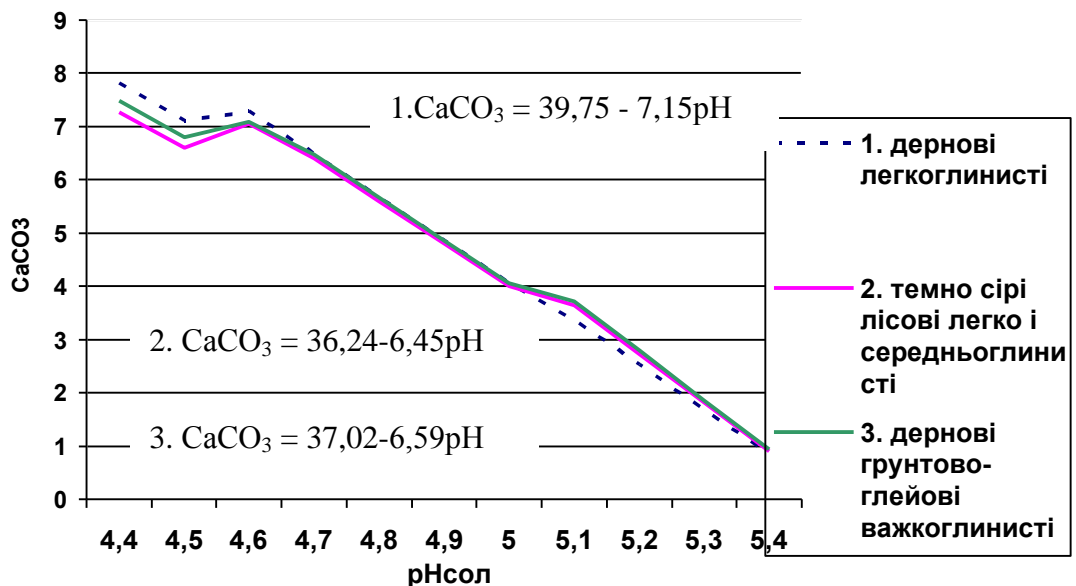


Рисунок 5 – Норми чистого  $\text{CaCO}_3$  (т/га) в залежності від значення  $\text{pH}_{\text{сол}}$  для придорожніх ґрунтів м. Чернівці

Для зручності застосування було розраховано лінійні рівняння, за допомогою яких легко розрахувати кількості вапна для різних типів ґрунтів у практичному використанні.

Вирішення теоретичних і практичних завдань щодо підвищення екологічної безпеки міського середовища, які розглянуті у даній роботі, дозволить обґрунтувати надійну базу для подальшої методології дослідження атмосферних опадів.

## ВИСНОВКИ

В даній дисертаційній роботі вирішено науково-практичне завдання по встановленню особливостей формування екологічної небезпеки урбанізованих територій під впливом техногенно-трансформованих опадів. Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у:

1. Здійснено аналіз особливостей атмосферних опадів, як об'єкту оцінки екологічної безпеки. Комплексна взаємодія з компонентами навколишнього середовища робить атмосферні опади універсальним індикатором, який характеризує екологічну безпеку регіону.

2. Проведена ідентифікація джерел екологічної небезпеки, що мають вплив на формування складу опадів. Показано, що за рахунок викидів пересувних джерел формується основна кількість викидів кислототвірних сполук. Внесок пересувних джерел у викиди двооксиду сірки складає 60,4%, оксидів азоту – 93%, оксиду вуглецю – 97,4% і двооксиду вуглецю – 58,3%. А ландшафтні особливості та територіальне облаштування міста сприяє утворенню локальних осередків підвищеного рівня забрудників, які вимиваючись опадами стають факторами екологічної небезпеки.

3. Результати моніторингу хімічного складу атмосферних опадів міста за 2008-2018 роки показали, що характерними модифікаціями є сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієві та гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієві типи опадів. За десятирічний період відбувся перерозподіл кількостей основних іонів, що супроводжувалось зменшенням сульфатів на 4,7%, амонію на 1,5% та збільшенням нітратів на 3,6%, хлоридів на 1,5% і гідрокарбонатів на 1,4%.

4. Виявлено, що трансформація хімічного складу приводить до стабільного закислення атмосферних опадів міста. Показник рН знижується від значення 7,3 у 1990 році до 5,58 у 2018 році. В межах 5,51-6,5 випадає більша частина атмосферних опадів в місті (54,63%). В той же час 23,5% опадів є кислотними.

5. Встановлені кореляційні залежності між компонентами дають можливість оцінити переважаючі сполуки у складі опадів. Кількість переважаючих компонентів та їх кореляційні взаємозв'язки показують, що атмосферні опади міста характеризуються переважанням континентального впливу з високою антропогенною складовою.

6. Отримані кінетичні закономірності вимивання сульфатів і нітратів, показують, що період напіввиведення з опадами сульфатів складає 12,1 хв., а нітратів 11,5 хв. Це свідчить про те, що найбільш небезпечними з точки зору екологічної безпеки є перші хвилини випадання дощів. Час виходу в

рівноважний стан процесу вимивання цих сполук складає для сульфатів 36,3 хв. і для нітратів – 34,5 хв.

7. Аналіз експериментальних даних показав, що ступінь забруднення опадів домішками автотранспортного комплексу є високою. Вміст домішок порівняно із фоною територією зростає на 15-30%. Встановлено, що атмосферні опади, в межах активного впливу автотранспортних комплексів, утворюють екологічно небезпечні модифікації, які переносять на підстилаючу поверхню придорожньої зони весь комплекс забруднень.

8. Запропоновано кількісну оцінку можливих проявів екологічної небезпеки, зумовленої атмосферними опадами, за наступними критеріями: показником рН, індексом екологічної якості, сумою модулів надходження хімічних компонентів опадів. Розроблено для кожного критерію шкалу оцінки екологічної небезпеки. Проведена оцінка рівнів і ступенів екологічної небезпеки атмосферних опадів м. Чернівці показала, що вони відносяться до допустимого рівня і слабо небезпечного ступеня екологічної небезпеки.

9. Встановлено структурно-логічний зв'язок між блоками управління екологічною безпекою в умовах впливу техногенно трансформованих опадів, що дозволить оптимізувати систему розробки рішень з управління екологічною безпекою, стосовно підвиду екологічної небезпеки, сформованої чинниками техногенно-трансформованих опадів.

## **СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Статті у наукових фахових виданнях, які включені до наукометричних баз даних (Index Copernicus)**

1. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Методологічні підходи до оцінки атмосферних опадів як чинника формування екологічного ризику / *Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського*. 2012. Випуск №5 (76). С. 119 – 122. (*Особистий внесок – поглиблено методологічні підходи до оцінки атмосферних опадів як частини гідросфери*).

2. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Аналіз ризикоформуєчих факторів атмосферних опадів м. Чернівці / *Екологічна безпека*. 2013. Випуск №2 (16). С. 40 – 43. (*Особистий внесок – формулювання висновків проведеного дослідження*).

3. Герецун Г.М. Екологічна безпека урбанізованих територій в умовах техногенної трансформації атмосферних опадів / *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2014. № 4/1 (70). С. 13-17.

4. Герецун Г.М. Вплив екологічно небезпечних опадів на властивості міських ґрунтів / *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24(8) С. 106-110.

5. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Оцінювання рівня екологічної небезпеки міського середовища, спричиненої техногенною трансформацією атмосферних опадів / *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27(3). С. 95 – 98.

(*Особистий внесок – розробка пропозицій по критеріям якісної та кількісної оцінки рівня екологічної небезпеки, зумовленої атмосферними опадами*).

6. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г., Гольонко Р.А. Аналіз забруднення атмосферних опадів домішками на вулицях міста / *Науковий вісник НЛТУ*. №29 (1). 2019. С. 66-69. (*Особистий внесок – експериментальне дослідження вмісту домішок в атмосферних опадах*).

#### **Статті у наукових фахових виданнях України**

7. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Кислотність атмосферних опадів як складова екологічної безпеки урбанізованих територій / *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2011. Випуск №2(4). С. 22 – 24. (*Особистий внесок – аналіз даних про кислотність атмосферних опадів*).

8. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г., Солодкий В.Д. Аналіз етапів оцінки екологічного ризику атмосферних опадів / *Збірник наукових праць Подільського аграрно – технічного університету*. 2012. Спец. випуск: сучасні проблеми збалансованого природокористування. С. 114 – 116. (*Особистий внесок – формулювання висновків проведеного дослідження*).

9. Герецун Г.М. Характеристика вмісту хімічних компонентів у атмосферних опадах м. Чернівці, як фактор формування екологічної небезпеки / *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2014. Спец. випуск: сучасні проблеми збалансованого природокористування. С. 95 – 96.

10. Герецун Г.М., Хлисту́н Н.Я., Масікевич Ю.Г., Масікевич А.Ю. Аналіз кислотних властивостей атмосферних опадів міста Чернівці з позицій екологічної безпеки / *Екологічні науки*. 2019. № 24. С. 32-37. (*Особистий внесок – розробка шкали оцінки екологічної безпеки атмосферних опадів*).

#### **Статті у наукових періодичних виданнях інших держав**

11. Masikevych A., Heretsun H., Masikevych Yu., Kolotylo M., Yaremchuk V. Atmospheric protection as a composition of environmental safety of the region // *East European Scientific Journal*. 2018. №12 (40). part 2. P. 28-36. (*Особистий внесок – дослідження впливу атмосферних опадів на стан екологічної безпеки регіону*).

#### **Опубліковані праці апробаційного характеру**

12. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Показник рН як критерій екологічної безпеки атмосферних опадів. *Екологічна безпека держави* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 19-21 квітня 2011 р. Київ : НАУ, 2011. С. 71-72. (*Особистий внесок – поглиблено змістовне розуміння показника рН як критерію оцінки екологічної безпеки атмосферних опадів*).

13. Герецун Г.М. , Масікевич Ю.Г. Умови формування режиму рН атмосферних опадів міста Чернівці. *Регіональні та транскордонні проблеми екологічної безпеки. Горбуновські читання* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 5-7 травня 2011 р. Чернівці : Прут, 2011. С. 48-49. (*Особистий внесок – аналіз умов формування рН опадів*).

14. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Обґрунтування підходу формування системи спостереження за екологічною безпекою атмосферних опадів міста Чернівці. *Карпатська конференція з проблем охорони довкілля* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 15 – 16 травня, 2011 р. Мукачєво-Ужгород, 2011. С. 223-224. (*Особистий внесок – розробка підходів до системи спостереження за станом атмосферних опадів*).

15. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Аналіз випадків виникнення кислотних опадів на території міста Чернівці. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування* : матеріали Всеукраїнської наукової конференції, 8 – 9 грудня, 2011 р. Харків, 2011. С. 40 – 41. (*Особистий внесок – проведено статистичний аналіз практичних результатів*).

16. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Оцінка екологічного ризику атмосферних опадів урбанізованих територій. *Екологічна безпека держави* : матеріали Всеукраїнської науково – практичної конференції, 17 – 18 квітня, 2012 р. Київ, 2012. С. 119. (*Особистий внесок – підведено підсумки теоретичних обґрунтувань оцінки екологічного ризику, зумовленого атмосферними опадами*).

17. Герецун Г.М. Атмосферні опади як фактор формування екологічної небезпеки урбанізованих територій. *Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : матеріали 3-го міжнародного конгресу, 17-19 вересня 2014 р. Львів : Нац. у-т «Львівська політехніка», 2014. С. 21.

18. Герецун Г.М. Аналіз стану екологічної безпеки на вулицях промислового міста в умовах впливу техногенно трансформованих опадів. *Проблеми екологічної безпеки* : матеріали 13 міжнародної науково-технічної конференції, 8 – 9 жовтня 2014 р. Кременчук : Кременчуцький нац. у-т ім. Михайла Остроградського, 2014. С.51.

19. Герецун Г.М., Масікевич Ю.Г. Стан атмосферних опадів як індикатор екологічної небезпеки. *Екологічна безпека держави* : матеріали 9 Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів, 16 квітня 2015 р. Київ, 2015. С. 157. (*Особистий внесок – проведено узагальнення практичних результатів*).

20. Герецун Г.М. Управління якістю міського середовища в умовах впливу екологічно небезпечних опадів. *Еколого – правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів* : матеріали 10 науково-практичної конференції, 20-21 жовтня 2015 р. Харків, 2015. С.206 – 208.

21. Герецун Г.М., Котельбан С.В. Моніторинг хімічного складу атмосферних опадів міста Чернівці. *Екологічний стан і здоров'я жителів міських екосистем. Горбуновські читання* : матеріали науково-практичної конференції, 05 – 06 травня 2016 р. Чернівці, 2016. С. 64. (*Особистий внесок – формулювання висновків та пропозицій проведеного дослідження*).

## АНОТАЦІЯ

***Герцу́н Г.М.* Екологічна безпека урбанізованих територій в умовах техногенної трансформації атмосферних опадів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, Харків, 2019.

В дисертаційному дослідженні вирішено науково-практичне завдання по встановленню особливостей формування екологічної небезпеки урбанізованих територій під впливом техногенно-трансформованих опадів. Запропоновано методологію якісної і кількісної оцінки можливих проявів екологічної небезпеки, зумовленої атмосферними опадами.

Розглянуто особливості атмосферних опадів, як об'єкту оцінки екологічної безпеки. Проведена ідентифікація джерел екологічної небезпеки, що мають вплив на формування складу опадів. Показано, що за рахунок викидів пересувних джерел формується основна кількість викидів кислототвірних сполук.

Здійснено аналіз даних моніторингу атмосферних опадів. Встановлено трансформацію хімічного складу, що супроводжується перерозподілом кількостей основних іонів та закисленням атмосферних опадів. Виявлено утворення локальних осередків підвищеного забруднення атмосферного повітря, що зумовлює трансформацію хімічного складу опадів.

Встановлено кореляційні залежності між компонентами. Отримано кінетичні закономірності вимивання сульфатів і нітратів. Встановлено, що найбільш небезпечними з точки зору екологічної безпеки є перші хвилини випадання дощів.

Запропоновано кількісну оцінку можливих проявів екологічної небезпеки, зумовленої атмосферними опадами. Розроблено шкалу оцінки екологічної небезпеки. Проведена оцінка рівнів і ступенів екологічної небезпеки атмосферних опадів м. Чернівці.

**Ключові слова:** екологічна безпека, атмосферні опади, забруднення, хімічний склад, урбанізована територія, техногенна трансформація, показник рН.

## АННОТАЦИЯ

***Герцу́н Г.М.* Экологическая безопасность урбанизированных территорий в условиях техногенной трансформации атмосферных осадков. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.06.01 «Экологическая безопасность». - Национальный технический университет «Харьковский

политехнический институт» Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2019.

В диссертационном исследовании решено научно-практическая задача по установлению особенностей формирования экологической опасности урбанизированных территорий под влиянием техногенно-трансформированных осадков. Предложена методология качественной и количественной оценки возможных проявлений экологической опасности, обусловленной атмосферными осадками.

Рассмотрены особенности атмосферных осадков, как объекта оценки экологической безопасности. Проведена идентификация источников опасности, влияющих на формирование состава осадков. Показано, что за счет выбросов передвижных источников формируется основное количество выбросов кислотообразующих соединений.

Осуществлен анализ данных мониторинга атмосферных осадков. Установлено трансформацию химического состава, которая сопровождается перераспределением количеств основных ионов и закисление атмосферных осадков. Обнаружено образование локальных очагов повышенного загрязнения атмосферного воздуха, что приводит к трансформации химического состава осадков.

Установлены корреляционные зависимости между компонентами. Получены кинетические закономерности вымывания сульфатов и нитратов. Установлено, что наиболее опасными с точки зрения экологической безопасности являются первые минуты выпадения дождей.

Предложено количественную оценку возможных проявлений экологической опасности, обусловленной атмосферными осадками. Разработана шкала оценки экологической опасности. Проведена оценка уровней и степеней опасности атмосферных осадков м. Черновцы.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, атмосферные осадки, загрязнения, химический состав, урбанистическая территория, техногенная трансформация, показатель рН.

## ABSTRACT

***Heretsun H.M. Ecological safety of urbanized territories in conditions of technogenic transformation of atmospheric precipitation. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.***

Dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 21.06.01 "Ecological safety". - National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2019.

In the dissertation research the scientific and practical task on establishment of features of formation of ecological danger of urbanized territories under the influence of technogenically-transformed sediments is solved. The methodology of qualitative and quantitative estimation of possible manifestations of ecological danger caused by atmospheric precipitation is proposed.

The features of atmospheric precipitation as an object of environmental safety assessment are considered. Identification of sources of environmental hazard, which have an influence on the formation of precipitation composition. It is shown that due to emissions of mobile sources, the main amount of emissions of acid-forming compounds is formed.

The analysis of data of monitoring of atmospheric precipitation is carried out. The transformation of the chemical composition has been established, which is accompanied by the redistribution of the number of basic ions and acidification of atmospheric precipitation. The formation of local cells of high pollution of atmospheric air, which causes the transformation of the chemical composition of precipitation, is revealed.

Correlation dependencies between components are established. The kinetic regularities of washing of sulfates and nitrates are obtained. It is established that the most dangerous from the point of view of environmental safety are the first minutes of rain falls.

The quantitative estimation of possible manifestations of ecological danger caused by atmospheric precipitation is proposed. The ecological hazard assessment scale has been developed. The estimation of levels and degrees of environmental hazard of atmospheric precipitation in Chernivtsi is carried out.

**Key words:** ecological safety, atmospheric precipitation, pollution, chemical composition, urbanized area, technogenic transformation, pH index.