

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА, СПРИЧИНЕНОЇ ТЕХНОГЕННОЮ ТРАНСФОРМАЦІЄЮ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ

Досліджено, що вимиваючись із атмосфери забруднювальні речовини призводять до виникнення техногенно-трансформованих опадів, які самі по собі починають відігравати роль чинника екологічної небезпеки. Наявні на цей час методики не можна безпосередньо використовувати для оцінювання екологічних небезпек, зумовлених техногенною трансформацією атмосферних опадів. З'ясовано, що атмосферні опади, як об'єкт оцінювання екологічної небезпеки, володіють низкою специфічних особливостей. Показано, що основним джерелом місцевого забруднення довкілля у Чернівцях є транспортна мережа. Внесок пересувних джерел у загальну картину забруднення атмосферного повітря Чернівців є стабільно високим, зокрема у кислототвірні сполуки. Проведено аналіз довготривалих тенденцій зміни хімічного складу атмосферних опадів Чернівців. Розроблено градацію значення рН відповідно до різних рівнів ступеня екологічної небезпеки. Встановлено кореляційні залежності між рівнем забруднення приземного шару атмосфери міста і складом опадів. З'ясовано, що модуль надходження хімічних сполук на певну територію з атмосферними опадами можна використовувати для кількісної оцінки впливів атмосферних опадів на певну територію і рівня небезпеки цих впливів. Адаптовано використання індексу забруднення води для оцінювання рівня можливої екологічної небезпеки, зумовленої атмосферними опадами. Показано, що запропоновані методологічні підходи дадуть змогу якісно і кількісно оцінювати екологічні небезпеки, що можуть виникати внаслідок впливу атмосферних опадів.

Ключові слова: екологічна небезпека; опади; хімічний склад; кислотність.

Вступ. Формування на урбанізованих територіях техногенно-трансформованих опадів призводить до порушення екологічної безпеки через прояви низки дестабілізаційних факторів, тобто створення ризиків екологічного характеру як для природних систем, так і для людини. Дослідження факторів екологічної небезпеки, зумовлених впливом атмосферних опадів, виявлення можливих екологічних криз в урбоекосистемах має велике значення у розробленні невідкладних заходів екологічної стабілізації урбанізованих територій. Різним аспектам екологічної безпеки дослідники приділяють особливу увагу (Dobrovolskyu, 2008; Orel and Malovanyu, 2008; Rybalova et al., 2010; Shmandiy and Shmandiy, 2008). Розроблені в Україні методики дають змогу достатньо повно оцінювати якість природних середовищ та екологічний ризик погіршення їх стану. При цьому використовують різнопланові підходи в оцінюванні з набором широкого спектра показників (Orel and Malovanyu, 2008; Rybalova et al., 2010; Shmandiy and Shmandiy, 2008; Zvyahintseva, 2009). Однак жодну із наведених методик не можна безпосередньо використовувати для оцінювання екологічних небезпек, зумовлених техногенною трансформацією атмосферних опадів.

Метою роботи є встановлення особливостей формування екологічної небезпеки урбанізованих територій під впливом техногенно-трансформованих опадів.

Методи дослідження. Методологічною основою теоретичних досліджень роботи є системний аналіз факторів й умов формування екологічної небезпеки та пошук методів управління екологічною безпекою. У процесі виконання роботи використано комплексний метод досліджень, який базується на логічному узагальненні

та систематизації інформаційної бази. Методи регресійного аналізу використовували для встановлення залежностей між компонентами атмосферних опадів і концентраціями забруднень атмосферного повітря.

Результати дослідження. Атмосферні опади, як об'єкт оцінювання екологічних небезпек, володіють низкою специфічних особливостей, які затрудняють використання описаних методик. Незважаючи на те, що опади є складовою частиною гідросфери, умови формування їх властивостей досить істотно відрізняються від умов, які впливають на формування властивостей поверхневих і підземних вод. Хімічний склад дощової води є результатом складних фізико-хімічних процесів і може виступати показником, який характеризує ступінь забруднення шару атмосфери. Водночас опади є тією складовою частиною гідрохімічної системи, яка так чи інакше контактує з усіма елементами урбоекосистеми і цим самим чинить доволі значний вплив на них.

Враховуючи викладене вище, атмосферні опади як об'єкт оцінки екологічної небезпеки потрібно аналізувати за такими основними напрямками:

- характеристика чинників, що можуть призвести до виникнення екологічних небезпек, зумовлених атмосферними опадами;
- аналіз наслідків можливої реалізації екологічних небезпек;
- розроблення заходів прогнозування для недопущення можливих проявів екологічних небезпек, спричинених техногенно-трансформованими опадами.

Основним джерелом місцевого забруднення довкілля у Чернівцях є транспорт. Місто, незважаючи на те, що є одним із найменших обласних центрів України,

Цитування за ДСТУ: Герещун Г. М. Оцінювання рівня екологічної небезпеки міського середовища, спричиненої техногенною трансформацією атмосферних опадів / Г. М. Герещун, А. Ю. Масікевич // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 95–98

Citation APA: Geretsun, G. M., & Masikevich, A. Yu. (2017). Estimation of the Environmental Safety Level of the Urban Environment Caused by Technogeneous Transformation of Atmospheric Sediments. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 95–98. Retrieved from: <http://nv.ntlu.edu.ua/index.php/journal/article/view/351>

характеризується значним автотранспортним навантаженням. Рівень автомобілізації є одним із найвищих серед обласних центрів. Внесок пересувних джерел у загальну картину забруднення атмосферного повітря Чернівців є стабільно високим і змінюється в межах 90,7-92,3 %. Серед компонентів викидів забруднювальних речовин найбільший вплив на формування екологічної небезпеки атмосферних опадів мають кислототвірні сполуки, які при взаємодії з атмосферною водою перетворюються на кислоти і сприяють пониженню значення рН опадів. Унаслідок викидів пересувних джерел формується основна кількість викидів кислототвірних сполук. Так, внесок пересувних джерел у викиди двооксиду сірки становить 60,4 %, оксидів азоту – 93 %, оксиду вуглецю – 97,4 % і двооксиду вуглецю – 58,3 %.

Середньорічні значення рН опадів із року в рік змінюються, інколи навіть стрибкоподібно, у зв'язку з послабленням чи посиленням активізації процесів, що зумовлюють забруднення повітря (рис. 1).

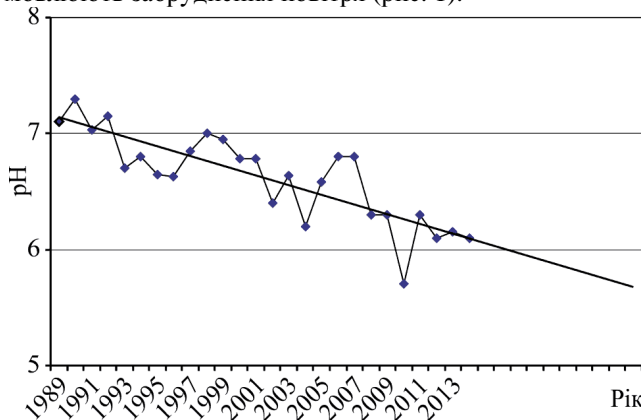


Рис. 1. Багаторічна динаміка зміни рН опадів у Чернівцях

Простежено поступове закислення атмосферних опадів Чернівців. Графік зміни рН опадів в часі має вигляд синусоїди. У багаторічній динаміці виділяють 6 періодів: 3 зниження і 3 підйому значення рН. Причому при переході до періоду зниження, значення рН змінюється стрибкоподібно. Лінія тренду на графіку показує, що за наявної швидкості закислення опадів (0,04 одиниці в рік) уже через 10 років значення рН атмосферних опадів у Чернівцях буде на межі 5,5.

Для оцінювання атмосферних опадів з погляду виникнення екологічної небезпеки важливе значення може мати не стільки концентрація іонів у дощовій воді (оскільки в атмосферних опадах вона завжди є значно меншою, ніж у поверхневих чи підземних водах), а співвідношення основних іонів (рис. 2).

Атмосферні опади Чернівців є сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієвого типу. За п'ятирічний період спос-

тережено зменшення вмісту сульфатних іонів на 4,2 % і незначне збільшення гідрокарбонатів і катіонів кальцію. Також зріс вміст нітратних іонів і зменшилась кількість амонійних сполук. Наслідком таких змін співвідношень хімічного складу води є пониження рН атмосферних опадів від 6,3 у 2008 р. до 6,1 у 2013 р.

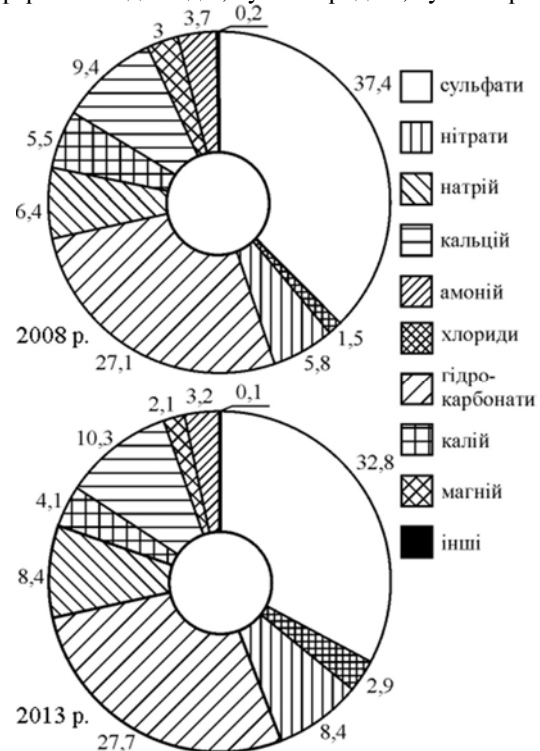


Рис. 2. Співвідношення (%) основних іонів у воді атмосферних опадів Чернівців

Серед компонентів викидів забруднювальних речовин найбільший вплив на формування екологічної небезпеки атмосферних опадів мають кислототвірні сполуки, які при взаємодії з атмосферною водою перетворюються на кислоти і сприяють пониженню значення рН опадів. Регресійний аналіз проводили із використанням програми STATISTIKA 6.0. За результатами проведеного дослідження, найкраще залежності рН від концентрації кислототвірних забруднювачів описуються рівнянням другого порядку. Найнижчий коефіцієнт кореляції зафіксовано для залежності рН – SO₂, а найвищий – для суми оксидів азоту. Це може бути пов'язано з тим, що концентрації оксидів азоту в атмосферному повітрі є в десять раз вищими, ніж двооксиду сірки.

Для повнішого аналізу впливу компонентів атмосферних опадів на довкілля розраховано середньосезонні і річні модулі (P, т/км²) надходження хімічних речовин з опадами на територію Чернівців (табл. 1).

Табл. 1. Модулі надходження хімічних сполук із атмосферними опадами на територію Чернівців у 2013 р.

P, т/км ²	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na	K	Ca	Mg
Середньорічний	4,2	1,1	0,38	3,75	0,4	1,1	0,53	1,31	0,27
Зима	0,43	0,1	0,04	0,44	0,03	0,12	0,07	0,15	0,03
Весна	0,95	0,41	0,12	0,74	0,12	0,18	0,13	0,29	0,07
Літо	0,65	0,13	0,08	0,36	0,1	0,06	0,05	0,16	0,05
Осінь	1,62	0,39	0,12	1,52	0,14	0,51	0,19	0,5	0,08

В осінній період найбільше на територію міста надходить сульфатів, хлоридів, гідрокарбонатів, сполук амонію, натрію, калію, магнію. У весняний період над-

ходить максимальна кількість нітратів, хлоридів та сполук кальцію.

Для ефективного прогнозування можливих екологічних загроз та прийняття управлінських рішень із покращення стану навколишнього середовища, потрібно провести якісну та кількісну оцінку рівня небезпеки. Враховуючи особливості атмосферних опадів та результати проведених досліджень, запропоновано якісну і кількісну оцінку проводити за такими параметрами:

- для орієнтовного оцінювання можливих проявів небезпек, зумовлених атмосферними опадами, використовувати значення показника рН;
- для ґрунтового оцінення використовувати адаптований до умов аналізу атмосферних опадів індекс забруднення води (ІЗВ);
- для кількісного оцінення небезпеки впливу атмосферних опадів на певну територію використовувати суму модулів надходження хімічних компонентів опадів.

Формування величини показника рН атмосферних опадів відбувається внаслідок впливу низки природних і антропогенних чинників і тому його величина характеризує комплексний вплив багатьох факторів. За зміною показника рН легко відстежити зміну концентрації водневих іонів, не виконуючи складних підрахунків.

Для створення шкали оцінки можливих небезпек за значенням показника рН базувались на відомому значенні нейтрального середовища абсолютно чистої води та граничного показника рН опадів, нижче якого вони вважаються кислотними (табл. 2).

Табл. 2. Шкала оцінки екологічної безпеки атмосферних опадів за значенням рН

Діапазон значень рН	Рівень екологічної безпеки атмосферних опадів	Ступінь екологічної безпеки атмосферних опадів
6,5 ≤ рН ≤ 7,5	Допустимий	Безпечний
рН > 7,5; 5,6 ≤ рН < 6,5		Слабонебезпечний
4,5 ≤ рН < 5,6 рН < 4,5	Недопустимий	Небезпечний Високонебезпечний

Практику використання модуля надходження хімічних сполук на територію вже давно використовують на практиці, найчастіше для встановлення внеску атмосферних опадів у забруднення поверхневих водних джерел. Однак його успішно можна використовувати для оцінення небезпеки впливу атмосферних опадів на територію. Як критерій зручно буде користуватися сумою модулів надходження компонентів опадів

$$M_n = \sum \frac{C_i \cdot Q_i}{1000}, \quad (1)$$

де: C_i – концентрація i -го компонента в опадах; Q_i – кількість опадів за рік.

Градування ступеня безпеки 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. Виходячи із таких міркувань, запропоновано шкалу оцінки екологічної небезпеки від впливу атмосферних опадів (табл. 3).

Індекс забруднення води давно зарекомендувався як успішний інструмент оцінення якісного стану поверхневих вод. Однак його використання для оцінки атмосферних опадів неможливе, оскільки внаслідок дуже низьких концентрацій забруднювальних речовин у до-

щовій воді завжди буде отримуватися найвища оцінка якості.

Табл. 3. Шкала оцінки екологічної небезпеки впливу атмосферних опадів за значенням сумарного модуля надходження хімічних речовин

Діапазон значень M_n	Рівень екологічної небезпеки атмосферних опадів	Ступінь екологічної небезпеки атмосферних опадів
$M_n \leq 10$	Допустимий	Безпечний
$10,1 \leq M_n < 20$		Слабонебезпечний
$20,1 \leq рН < 30$	Недопустимий	Небезпечний
рН > 30		Високонебезпечний

Пропонована адаптація цього методу до оцінювання безпеки атмосферної води враховує заміну значення ГДК забруднювача води у формулі ІЗВ на фонову концентрацію забруднювача. Вираз ІЗВ тоді набуде вигляду

$$ІЗО = \frac{1}{n} \sum \frac{C_i}{C_{\phi i}}, \quad (2)$$

де: $ІЗО$ – індекс забруднення опадів; C_i – концентрація компонента у воді; $C_{\phi i}$ – фонові концентрації речовини; n – число показників, які використовують для розрахунку індексу.

Отже, можна порівняти безпеку трансформованих урбанізацією опадів (табл. 4). Діапазон значень ІЗО зумовлений розмахом відмінностей концентрацій компонентів атмосферних опадів в різних регіонах України.

Табл. 4. Клас екологічної безпеки атмосферної води за індексом забруднення опадів

Клас екологічної безпеки	Оцінка рівня екологічної безпеки	Величина ІЗВ
I	Безпечний	$ІЗВ \leq 1,0$
II	Слабонебезпечний	$1,0 < ІЗВ \leq 2,0$
III	Небезпечний	$2,0 < ІЗВ \leq 3,0$
IV	Надзвичайно небезпечний	$4,0 < ІЗВ \leq 5,0$

Запропоновані методологічні підходи дадуть змогу якісно і кількісно оцінювати екологічні небезпеки, що можуть виникати внаслідок впливу атмосферних опадів.

Висновки. На цей час не існує єдиного підходу до оцінення атмосферних опадів як фактора екологічної небезпеки, а наявні методики не можна безпосередньо використовувати для оцінювання екологічних небезпек, зумовлених техногенною трансформацією атмосферних опадів. Атмосферні опади, як об'єкт оцінювання екологічної небезпеки, потрібно аналізувати відповідно до таких основних блоків: характеристика чинників, що можуть призвести до виникнення екологічних небезпек, зумовлених атмосферними опадами; аналіз наслідків можливої реалізації екологічних небезпек; розроблення заходів прогнозування для недопущення можливих проявів екологічних небезпек, спричинених техногенно-трансформованими опадами. Залежності показника рН від концентрацій кислототвірних забруднювачів описуються поліноміальними рівняннями другого порядку і фактично є залежностями "доза-відгук" під час оцінення екологічного ризику. З'ясовано, що модуль надходження хімічних сполук на певну територію з атмосферними опадами можна використовувати для кількісної оцінки впливів атмосферних опадів на певну територію і рівня небезпеки цих впливів. Адаптовано використання індексу забруднення води для оцінювання

рівня можливої екологічної небезпеки, зумовленої атмосферними опадами.

Перелік використаних джерел

- Dobrovolskyi, W. W. (2008). Alhorytm vyznachennya bezpeky ekolohichnoyi systemy z urakhuvanniam ryzykiv [Algorithm for determining environmental safety system based on risk]. *Proceedings DHU im. Petra Mohyly. Ecology*, 87(74), 11–15. [in Ukrainian].
- Kachynsky, A. B. (2001). *Ekolohichna bezpeka Ukrainy: systemnyy analiz perspektiv pokrashchennya* [Environmental safety Ukraine: a systematic analysis of prospects improve]. Kyiv: NISD. [in Ukrainian].
- Orel, D. S., & Malovanyu, M. S. (2008). Do kontseptsiiy ekolohichnoho ryzyku v Ukraini [By the concept of environmental risk in Ukraine]. *Proceedings of the National University "Lviv*

Polytechnic", Chemistry, Technology and Applications substances, 609, 285–289. [in Ukrainian].

- Rybalova, O. W., Belan, S. W., & Varivoda, Ye. O. (2010). Vyznachennya rivnya ekolohichnoyi nebezpeky v rehionakh Ukrainy na osnovi otsinky ekolohichnoho ryzyku [Determining the level of environmental hazard in regions of Ukraine on the basis of the environmental risk assessment]. *The collection of scientific works*, 12, 132–142. [in Ukrainian].
- Shmandiy, W. M., & Shmandiy, O. W. (2008). Ekolohichna bezpeka – odna z osnovnykh skladovykh natsionalnoyi bezpeky derzhavy [Environmental safety – one of the main components of national security]. *Ecological safety*, 1, 9–15. [in Ukrainian].
- Zvyahintseva, H. W. (2009). Metodyka z otsinky ekolohichnykh ryzykiv pry zabrudnenni navkolyshnoho pryrodnoho sere-dovyshcha [Methods to assess environmental risks in environmental pollution]. *Visnyk of Donetsk Nazional University. A. Natural Sciences*, 2, 307–316. [in Ukrainian].

Г. М. Герецун, А. Ю. Масікевич

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ, ВЫЗВАННОЙ ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИЕЙ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Исследовано, что вымываясь из атмосферы загрязняющие вещества приводят к возникновению техногенно-трансформированных осадков, которые сами по себе начинают играть роль фактора опасности. Существующие в настоящее время методики не могут непосредственно использоваться для оценки экологических опасностей, обусловленных техногенной трансформацией атмосферных осадков. Выяснено, что атмосферные осадки в виде объекта оценки экологической опасности обладают рядом специфических особенностей. Показано, что основным источником местного загрязнения окружающей среды в Черновцах является транспортная сеть. Вклад передвижных источников в общую картину загрязнения атмосферного воздуха Черновцов стабильно высокий, в том числе в кислотообразующие соединения. Проведен анализ долгосрочных тенденций изменения химического состава атмосферных осадков Черновцов. Разработана градация значения pH в соответствии с разными уровнями степени опасности. Установлены корреляционные зависимости между уровнем загрязнения приземного слоя атмосферы города и составом осадков. Выяснено, что модуль поступления химических соединений на определенную территорию с атмосферными осадками может использоваться для количественной оценки воздействия атмосферных осадков на определенную территорию и уровня опасности этих воздействий. Адаптировано использование индекса загрязнения воды для оценки уровня возможной опасности, обусловленной атмосферными осадками. Показано, что предложенные методологические подходы позволяют качественно и количественно оценивать экологические опасности, которые могут возникать в результате воздействия атмосферных осадков.

Ключевые слова: экологическая опасность; осадки; химический состав; кислотность.

G. M. Geretsun, A. Yu. Masikevich

ESTIMATION OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY LEVEL OF THE URBAN ENVIRONMENT CAUSED BY TECHNOGENEOUS TRANSFORMATION OF ATMOSPHERIC SEDIMENTS

With sufficient scrutiny features of environmental hazards their role as a factor of precipitation formation of environmental hazards in urban areas is not studied enough. The methodological basis of research of this work is a systematic analysis of factors and conditions of formation of ecological hazard and scientific management of environmental safety. The authors used methods of regression analysis to study the relationship between the components of precipitation and air pollution concentrations. It is shown that the leaching of pollutants from the atmosphere leads to a technologically-transformed sediments, which themselves are beginning to act as a factor of environmental hazards. Existing methods currently cannot be directly used for assessing environmental hazards caused by man-made transformation of rainfall. It was found that precipitation as the object of evaluation of environmental hazard have a number of specific features. It is shown that the major source of local pollution in the city of Chernivtsi is a transport network. The contribution of mobile sources in the overall picture of air pollution in Chernivtsi is consistently high, including acid-compound. The analysis of long-term trends in precipitation composition of Chernivtsi developed gradation of pH levels according to different degrees of environmental hazards. The authors have found correlations between the level of contamination of surface air cities and composition of precipitation. Chemicals are found to plug flow to an area of precipitation can be used to quantify effects of precipitation on an area and the level of danger of these influences. Water pollution index used to assess the level of environmental hazard caused by precipitation is created. Thus we may conclude that the proposed methodological approaches will enable to qualitatively and quantitatively assess the environmental hazards that may be resulted by the effects of rainfall.

Keywords: environmental hazards; precipitation; chemical composition; acidity.

Інформація про авторів:

Герецун Галина Михайлівна, здобувач, ст. викладач, Чернівецький факультет Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", м. Чернівці, Україна. **Email:** geretsun@ukr.net

Масікевич Андрій Юрійович, канд. техн. наук, доцент, Чернівецький факультет Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", м. Чернівці, Україна. **Email:** ecolawchpi@meta.ua