

В роботі розглянуті актуальні питання недосконалої сучасних нормативів гранично допустимих концентрацій. Запропоновано метод оцінки та прогнозування впливу техногенних об'єктів на атмосферне повітря урбоекосистеми. В основу методу покладено використання показника екологічно допустимих концентрацій як альтернативу традиційним. На прикладі м. Київ перевірено адекватність застосування даного методу

Ключові слова: гранично допустима концентрація, екологічно допустима концентрація, урбоекосистема, абортивність, біоіндикатор

В работе рассмотрены актуальные вопросы несовершенства современных нормативов предельно допустимых концентраций. Предложен метод оценки и прогнозирования влияния техногенных объектов на атмосферный воздух урбоэкосистемы. В основу метода положено использование показателя экологически допустимых концентраций как альтернативу традиционному. На примере г. Киев проверена адекватность применения данного метода

Ключевые слова: предельно допустимая концентрация, экологически допустимая концентрация, урбоекосистема, абортивность, биоиндикатор

УДК 504.064

МЕТОД ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ПОВІТРЯ УРБОЕКОСИСТЕМИ

Т. Б. Кудрявська
Аспірант*

E-mail: t.kudryavska@kpi.ua

А. О. Дичко

Кандидат технічних наук, доцент*

*Кафедра інженерної екології

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

E-mail: ddika@list.ru

1. Вступ

Більшість великих міст України є осередками екологічних проблем, які в основному пов'язані з забрудненням атмосферного повітря. Зміни в стані міського середовища відбуваються не лише під дією біосферних процесів, а й пов'язані з діяльністю людини, тому виникає необхідність постійного контролю за станом урбоекосистеми для забезпечення екологічно безпечних умов проживання.

Під контролем якості навколишнього середовища мається на увазі комплекс заходів, що забезпечують оцінку екологічного стану природних об'єктів, нормування абіотичних факторів, що негативно впливають на довкілля та прогноз стану урбоекосистем в майбутньому.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Нормування абіотичних факторів середовища, тобто пошук меж їх значень, безпечних для біотичного компонента екосистем, є необхідною складовою частиною екологічного моніторингу урбоекосистем.

На сьогоднішній день основним критерієм оцінки якості навколишнього середовища є гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин.

Нормативи ГДК мають ряд недоліків, на які вказують роботи таких вчених як В. Д. Федоров, В. А. Абакумов, А. П. Левіч [1, 2]. Так, наприклад, В. Д. Федоров у своїй праці «К стратегії біологічного моніторинга» звертає увагу на те, що по-перше, ГДК були вста-

новлені при проведенні експерименту, коли дія різних концентрацій одного забруднювача вивчалася на тлі підтримки сталості умов експерименту завдяки фіксованим рівням всіх інших факторів, по-друге, вплив окремих забруднювачів досліджувався ізольовано, тобто за відсутності інших забруднювачів, в той час як у реальному житті відбувається сумарний вплив домішок на біоту, по-третє, негативна дія окремих забруднювачів, як правило, вивчається в умовах лабораторії на окремих видах (так званих тест-організмах), які вилучені з обстановки природного оточення і тому поведуть себе дещо інакше [3].

В роботах О. В. Попової, В. С. Ніколаєвського, В. Н. Максимова, показано, що нормативи ГДК недостатні і в більшості випадках завищені, а забруднюючі речовини, що знаходяться в довкіллі в низьких концентраціях не відстежуються, хоча в певних комбінаціях, викликають набагато більше порушення, ніж полютанти, що перевищують значення ГДК [4 – 6].

Отже, оцінка стану природних об'єктів за рівнями ГДК фактично є невиправданою екстраполяцією меж толерантності тестових організмів стосовно ізольованих впливів на багатогранні екосистеми, де діють одночасно складні комплекси десятків і сотень факторів різноманітної природи, і які перебувають (на відміну від стандартних лабораторних популяцій) у зовсім різних фонових умовах функціонування.

Перераховані недоліки концепції ГДК ставлять під сумнів дієздатність існуючих методів оцінки та прогнозу стану навколишнього середовища, тому виникає необхідність в розробці нових підходів, в основі яких будуть покладені методи біоіндикації, так як вони є

чутливими, достовірними і достатніми для адекватної оцінки стану довкілля.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є розроблення методу комплексної оцінки та прогнозування впливу техногенного забруднення на атмосферне повітря урбоекосистеми.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні задачі:

- розробити метод оцінки та прогнозування впливу навантаження на атмосферне середовище урбоекосистеми за показниками екологічно допустимих концентрацій, які є альтернативою існуючим нормативам якості навколишнього середовища;
- перевірити можливість використання розробленого методу на прикладі урбоекосистеми м. Київ.

4. Метод комплексної оцінки та прогнозування впливу техногенного забруднення за показниками екологічно допустимих концентрацій

Альтернативою методології ГДК, біоіндикаційною основою якої є існування меж толерантності для окремих організмів, могла б служити концепція екологічної толерантності, що встановлює екологічно допустимі концентрації (ЕДК) впливів для біотичної частини реальних екосистем. Метод ЕДК передбачає спільний аналіз усього комплексу абіотичних змінних, які вимірюються службами моніторингу, для вибору серед них найнебезпечніших для біоти з одночасним обчисленням меж ЕДК.

За допомогою методу ЕДК нормування факторів навколишнього середовища проводиться на основі принципу регіональності, тобто досить велика природна територія (у даній роботі – урбоекосистема м. Київ) ділиться на кілька частин (модельних ділянок), для яких процедура нормування ведеться окремо. Дотримання принципу регіональності необхідно внаслідок імовірних відмінностей між різними екосистемами в рівні адаптованості популяцій тест-об'єкту до несприятливих чинників.

Мета методу ЕДК – виділити в просторі факторів область нормального функціонування екосистеми і розрахувати межі цієї області по кожному з факторів. Вихід за межі ЕДК інтерпретується як перехід системи з благополучного в неблагополучний стан.

На рис. 1 показано розподіл спостережень для ідеального випадку одновимірного простору факторів з простою областю нормального функціонування (при всіх значеннях фактору, менших ЕДК, стан екосистеми комфортний). Проте на практиці, як правило, виявляються точки, які відповідають комфортному стану екосистеми при перевищенні ЕДК і, навпаки, неблагополуччю екосистеми при дотриманні ЕДК. Від того, який відсоток таких точок від загальної кількості спостережень, залежить рівень значимості аналізованої змінної.

Є кілька причин порушень ідеального випадку:

- статистичне розсіювання і похибки вимірювань, в результаті чого можуть з'явитися плюси праворуч від ЕДК (точки в квадранті 2

на діаграмі) або мінуси ліворуч від ЕДК (точки в квадранті 3);

- впливна екосистема факторів, які відрізняються від факторів середовища, що досліджуються та які можуть викликати екологічне неблагополуччя при значеннях вихідного чинника, меншого за ЕДК. Це призводить до появи мінусів ліворуч від ЕДК (в квадраті 3 на діаграмі), але ніяк не зачіпає області праворуч від ЕДК (не додає точок на діаграмі в квадранті 2). Обов'язкова відсутність точок у квадраті 2 на діаграмі розподілу виявляється надзвичайно важливою для практичного пошуку ЕДК. Алгоритми пошуку можуть базуватися на приведенні діаграм до виду, при якому квадрант 3 може бути майже порожнім.

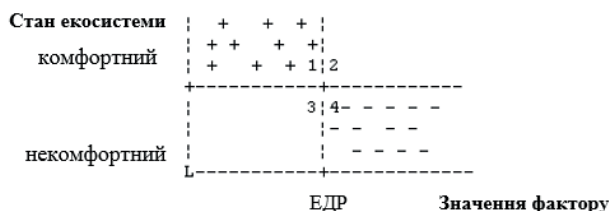


Рис. 1. Ідеальна діаграма розподілу спостережень для одновимірного простору факторів: 1 – благополучні спостереження при дотриманні ЕДК, 2 – благополучні спостереження при недотриманні ЕДК, 3 – неблагополучні спостереження при дотриманні ЕДК, 4 – неблагополучні спостереження при недотриманні ЕДК

Для опису ступеня його заповнювання вводиться критерій точності, що дорівнює частці неблагополучних спостережень з перевищенням ЕДК (квадрант 4) у всіх спостереженнях з перевищенням ЕДК (квадранти 2 і 4). Для коректно розрахованих ЕДК точність повинна бути близько 100 %. Наявність неблагополучних спостережень (менших ЕДК) означає, що розглянутий фактор не повністю описує неблагополуччя екологічного стану.

В якості кількісної міри такого опису вводиться критерій повноти, що дорівнює відношенню кількості неблагополучних спостережень з перевищенням ЕДК (квадрант 4) до загальної кількості неблагополучних спостережень (квадранти 3 і 4). Чим більш значущий даний фактор при поясненні екологічного неблагополуччя, тим вище критерій повноти.

Критерії точності і повноти для аналізу "якщо перевищено ЕДК, то стан екосистеми неблагополучний" запозичено з концепції детермінаційного аналізу [7]. Стандартні ж методи багатомірної статистичного аналізу, що звичайно використовуються для оптимального розпізнавання образів в разі роботи з екологічними даними, як правило, виявляються непридатними через невисоку щільності заповнення наявних матриць даних.

5. Перевірка адекватності застосування методу визначення ЕДК для оцінки впливу полутантів на стан довкілля

За допомогою методу визначення ЕДК проводили екологічну діагностику стану атмосферного повітря території м. Київ. Була виконана оцінка

ступеня екологічного неблагополуччя урбоєкосистеми по шкалі «норма - патологія» за індикаторними характеристиками. Для цього було застосовано тест «Стерильність пилку рослин-біоіндикаторів». В якості індикатора було обрано *Tagahacum officinalis* Webb. (Кульбабу лікарську), оскільки вона є поширеною у містах, невибагливою придорожною рослиною і відповідає всім вимогам, поставленим до рослини-індикатора [8, 9].

На території міста було виділено 16 дослідних ділянок, з різним рівнем техногенного навантаження. Для визначення необхідної кількості моніторингових точок на кожній ділянці використовували формули математичної статистики [10].

Серед абіотичних факторів були обрані основні забруднюючі речовини атмосферного повітря території дослідження (оксид вуглецю, сполуки азоту, леткі органічні сполуки, аміак, пил), тому що близько 90 % від загальної кількості викидів в атмосферне повітря міста припадає саме на них.

Після проведення експерименту для перевірки достовірності отриманих результатів було виконано статистичну обробку його результатів. В тому числі був розрахований показник точності дослідження, який визначає ступінь надійності одержаних даних. Точність вважається достатньою, якщо Р менший від 3 %, і задовільною при Р від 3 % до 5 % [11]. В даному випадку показник точності дорівнює 3,3 %, що доводить можливість використання отриманих результатів.

Також були визначені коефіцієнти кореляції між показником абортивності біоіндикатора та концентраціями поллютантів для виявлення кількісної тісноти взаємозв'язку між цими ознаками. Аналіз коефіцієнтів кореляції показав, що рівень стерильності пилку має щільний зв'язок з такими токсикантами як окис вуглецю, двоокис азоту, фенол, формальдегід та аміак, тому що $|r| > 0,7$, та незначний зв'язок з пилом, двоокисом сірки, фтористим і хлористим воднем ($|r| < 0,6$).

Для кожного з наборів оцінок екологічного стану і відповідної забруднюючої речовини визначали ЕДК, розраховували точність і повноту - критерії значимості цих концентрацій. Результати розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри залежності стану біоіндикатора від концентрацій забруднюючих речовин

Змінна	$C_{з.р.мін}$ (мг/м ³)	ЕДК	$C_{з.р.макс}$ (мг/м ³)	Точність, %	Повнота, %
Пил	0,1	0,14	0,2	0,69	0,37
Двоокис сірки	0,004	0,009	0,01	0,63	0,25
Окис вуглецю	0	0,6	1,8	0,82	0,55
Двоокис азоту	0,02	0,12	0,18	0,87	0,82
Фенол	0,002	0,0008	0,001	0,87	0,7
Формальдегід	0,007	0,01	0,01	0,89	0,24
Аміак	0	0,006	0,009	0,94	0,51
Хлористий водень	0	0,005	0,007	0,67	0,09
Фтористий водень	0,002	0,003	0,004	0,63	0,76

Результат розрахунків показав, що всі абіотичні фактори є умовно значимими, тобто такими, для яких ЕДК знаходяться в межах найменшого та найбільшого значень даного фактору за досліджуваний період (не залежно від величини критерію повноти).

Однак не всі умовно значимі фактори можуть бути визнані значимими факторами, які викликають неблагополуччя біоти. Для ідентифікації таких причин необхідно було провести подальший аналіз, який дозволяє виділити з умовно значимих факторів значимі і використовувати їх ЕДК для екологічного нормування. Для цього в якості значимих, з усього списку факторів для кожної оцінки стану довкілля відбиралися ті, які дають найбільший внесок в неблагополуччя екосистеми. З огляду на результати нашого дослідження значимими факторами є наступні забруднюючі речовини: окис вуглецю, двоокис азоту, фенол, формальдегід, аміак.

Таким чином, значимими факторами при застосуванні методу ЕДК є ті самі поллютанти, що і визначені за допомогою кореляційно-регресійного аналізу при визначенні коефіцієнтів кореляції. А умовно значимі фактори відповідають тим забруднюючим речовинам, які мають незначний зв'язок з показником абортивності біоіндикатора.

В табл. 2 наведені значення розрахованих ЕДК та ГДК, переважна більшість ЕДК менша за встановлені ГДК в середньому на 20 %. Так як даний метод використовує фактичні дані забруднення навколишнього середовища, тому для речовин двоокису вуглецю та формальдегіду, були отримані відповідні значення ЕДК, які перевищують нормативи ГДК.

Для умовно значимих факторів, що не визнані як значимі, орієнтирами при екологічному нормуванні можуть служити як їх екологічно безпечні межі (ЕБМ), так і ЕДК (табл. 2). Але навіть якщо для нормування обрати ЕБМ, які менш жорсткішими, ніж ЕДК, то все одно дані значення в основному менші за ГДК.

Таблиця 2

Екологічні нормативи для абіотичних факторів

Змінна	ЕДК	ЕБМ	ГДК
Значимі фактори			
Окис вуглецю	0,6	-	3
Двоокис азоту	0,12	-	0,04
Фенол	0,0008	-	0,003
Формальдегід	0,01	-	0,003
Аміак	0,006	-	0,04
Умовно значимі фактори			
Пил	0,14	0,2	0,15
Двоокис сірки	0,009	0,01	0,05
Хлористий водень	0,005	0,007	0,2
Фтористий водень	0,003	0,004	0,005

6. Висновки

1. Розроблено метод оцінки та прогнозування впливу техногенних об'єктів на атмосферне повітря урбоєкосистеми за показниками екологічно допустимих концентрацій, який відрізняється від традиційних тим, що використовує дані біомоніторингу.

2. Визначено, що рівень стерильності пилку має щільний зв'язок з такими токсикантами як окис вуглецю, двоокис азоту, фенол, формальдегід та аміак, тому що $|r| > 0,7$, та незначний зв'язок з пилом, двоокисом сірки, фтористим і хлористим воднем ($|r| < 0,6$). Аналогічні результати значимих та умовно значимих факторів було отримано при застосуванні методу оцінки та прогнозування стану урбоєкосистеми за допомогою показника екологічно допустимих

концентрацій, що доводить можливість його практичного застосування.

3. Визначено екологічно допустимі концентрації для значимих абіотичних факторів та екологічно безпечні межі для умовно значимих. Показано, що діючі нормативи приблизно на 20 % перевищують значення екологічно допустимих концентрацій та екологічно безпечних меж, що доводить недосконалість нормативів ГДК.

Література

1. Абакумов, В. А. Экологические модификации и развитие биоценозов [Текст] / В. А. Абакумов // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды международного симпозиума. – 1991. – С. 18-40.
2. Левич, А. П. Биотическая концепция контроля природной среды [Текст] / А. П. Левич // Доклады РАН. – 1994. – Т. 337, №2. – С. 280-282
3. Федоров, В. Д. К стратегии биологического мониторинга [Текст] / В. Д. Федоров // Биол. науки. – 1974. – №10. – С. 7-17.
4. Попова, О. В. Биоиндикация загрязнения атмосферы промышленного города: на примере г. Липецка [Текст] : автореф. дис. канд. геогр. наук : 25.00.36 / О. В. Попова; Воронежский государственный университет. – Воронеж, 2007. – 21 с.
5. Николаевский, В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации [Текст] / В. С. Николаевский. – М.: Изд-во Московского университета. – 1998. – 192 с.
6. Максимов, В. Н. Проблемы комплексной оценки качества природных вод (экологические аспекты) [Текст] / В. Н. Максимов // Гидробиологический журнал. – 1991а. – Т. 27. – №3. – С.8-13.
7. Чесноков, С. В. Детерминационный анализ социально-экономических данных [Текст] / С. В. Чесноков. – М.: Наука, 1982. – 168 с.
8. Бертиз, С. Влияние загрязнений воздуха на растительность [Текст]: пер. с англ. / С. Бертиз. – М.: Наука, 1989. – 258 с.
9. Grant, W. F. The present status of higher plant for the detection of environmental mutagens [Текст] / W. F. Grant // Mutation Research. – 1994. – Vol. 310. – №2. – P. 175–185.
10. Калінін, М. І. Біометрія [Текст] : підруч. / М. І. Калінін, В. В. Єлісєєв. – Миколаїв. : Вид-во МФ НаУКМА, 2000. – 204 с.
11. Лакин, Г. Ф. Биометрия [Текст] : учеб. пособие / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.