

С.М. Маджд, Я.В. Загоруй, Г.М. Франчук, А.М. Антонов

МАТЕМАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД р.НИВКА ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ

У статті наведено результати розрахунків стану поверхневих вод р. Нивка, яка протікає в зоні аеропорту „Київ”. Пропонується наближена математична модель, яка дозволяє в режимі реального часу якісно оцінити екологічну ситуацію регіону.

У результаті підвищення інтенсивності авіатранспортних процесів у межах аеропорту „Київ” підсилюється негативна дія техногенного забруднення на ґрунти, атмосферу, тваринні та рослинні асоціації, а також завдається шкода водним об'єктам, тобто здійснюється вплив на якісні характеристики довкілля.

Моніторингові дослідження проводилися в зоні аеропорту „Київ”. Аеропорт займає територію площею 265 га, має одну злітно-посадкову смугу довжиною 1800 м і шириною 49 м. До його складу входять будівлі та споруди основного та допоміжного призначення та транспортні шляхи.

Об'єктом нашого дослідження стала р. Нивка, яка належить до малих річок м. Києва і протікає по територіях, прилеглих до аеропорту.

Річка Нивка бере свій початок у 0,5 км від смт Вишневе і впадає у р. Ірпінь, яка, у свою чергу, впадає у р. Дніпро. Русло Нивки слабо звивисте, і на деяких ділянках вона повністю заростає. Ширина русла річки становить 2-3 м, а глибина – 0,1-0,7 м. Середньорічна витрата Нивки дорівнює 0,17 м³/с, а найвищі прогнозовані витрати води можуть досягати 35,1 м³/с [4].

Враховуючи, що аеропорт „Київ” не винесений за межі міста, не має чітко встановленої санітарно-захисної зони, а в її межах знаходиться населений пункт с. Жуляни, проблема забруднення води є актуальною і потребує проведення екологічних досліджень.

Для вирішення цієї проблеми актуальним є питання визначення реального стану забруднення поверхневих вод на території, прилеглій до аеропорту.

Для реалізації поставленої задачі нами були відібрані проби стічних вод і проби поверхневих вод р. Нивка з метою визначення концентрації хімічних елементів, зокрема, важких металів і нафтопродуктів, та визначення рівня токсичності.

Моніторингові дослідження компонентів довкілля в зоні аеропорту „Київ” проводились у 2002-03 рр. Відбір проб здійснювався у радіусі 2 км.

Екологічна оцінка здійснювалася за допомогою атомно-абсорбційного спектрального, спектрофотометричного та методів біотестування.

Таблиця 1

Результати аналізу поверхневих вод р. Нивка в зоні аеропорту „Київ” на вміст важких металів і нафтопродуктів

Проби		Нафтопродукти, мг/л	Важкі метали, мг/л						
			Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr ⁺⁶	Fe
1	став р. Нивка	4,1	17,5	3,5	1,2	4,5	0,03	0,3	2,3
2	труба	38,5	31,3	7,7	2,6	12,9	0,05	0,8	14,6
3	р. Нивка в селі	2,3	11,0	2,1	0,6	6,6	0,03	–	2,6
ГДК _{рибо-господарське}		0,05	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,005	0,1

Методи дослідження токсичності стічних вод встановлюють міжнародні стандарти ISO 10706, 6341, 12890 [1].

Спектральний аналіз дає змогу встановити елементний, нуклідний, молекулярний склад речовини та її будову. Сортовий аналіз використовують для визначення різних видів палива, виявлення забруднень. Цим методом аналізують природні й стічні води, повітря, ґрунт, продукти, визначають нафтопродукти, феноли, мідь.

Біотестування – метод встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, які сигналізують про небезпеку зміною своїх життєво важливих функцій [3].

У наших дослідженнях як тест-об'єкти використовувалися гілковусі ракоподібні – *Daphnia magna* Straus, ікра, личинки й дорослі риби *Cyprinus carpio* (короп), *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, Усі

тест-об'єкти прийняті у водній токсикології як стандартні, в тому числі й для України (КНД 211.1.4.-55-97, 211.1.4.-56-97). Для виявлення фітотоксичності також проводилися дослідження на цибулі звичайній *Allium sepa*

Основним критерієм визначення токсичності проб є загибель більш ніж 50 % кількості піддослідних тварин і пригнічення росту корінців у фітотестів.

Результати біотестування наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати біотестування проб поверхневих вод р. Нивка в зоні аеропорту „Київ”

Проби		Смертність <i>Daphnia magna</i> Straus, %
1	став р. Нивка	50
2	труба	100
3	р. Нивка в селі	58
Контроль		0

Відбір проб і частота відбору проб визначалася шляхом проведення попередньої роботи, в ході якої одержані дані піддаються статистичній обробці.

Для достовірності отриманих результатів нами були розраховані довірчий інтервал і кількість відбору проб поверхневих вод р. Нивка для кожного елемента окремо.

На практиці довірчий інтервал L для середнього арифметичного значення n результатів визначають при даному довірчому рівні, в якому розташовується істинне (реальне) середнє арифметичне значення.

Довірчий рівень – це ймовірність, при якій реальне середнє арифметичне значення входить у вирахований довірчий інтервал L .

Для деякої кількості результатів n , оцінки реального середнього арифметичного значення X і середньоквадратичного відхилення σ складуть відповідно x , середнє арифметичне, та s за формулою [6]:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right]}, \quad (1)$$

де

n – кількість відбору проб;

x_i – окремі значення.

Для оцінки середнього арифметичного значення X за нормального розподілу з даним довірчим інтервалом L на вибраному довірчому рівні необхідна кількість проб складає $(2K\sigma L)^2$, де K приймається згідно із значенням довірчого рівня [6].

За нашими розрахунками довірчий інтервал для кожного з токсикантів поверхневих вод р. Нивка складає (табл. 3):

Таблиця 3

Довірчий рівень за результатами відборах проб поверхневих вод р. Нивка

Елемент	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr ⁺⁶	Fe	C _x H _y
Довірчий рівень, %	65	51	48	61	83	31	31	25

Для підвищення достовірності отриманих результатів є доцільним збільшити довірчий інтервал до 95 %. Для цього необхідно для кожного елемента довести кількість відбору проб до кількості, розрахованої нами, яка представлена у табл. 4.

Таблиця 4

Необхідна кількість відбору проб для досягнення довірчого рівня 95 %

Елемент	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr ⁺⁶	Fe	C _x H _y
Кількість відбору проб	5	5	5	5	4	7	7	7

Для встановлення екологічного ризику та для забезпечення екологічної безпеки важливим є визначення реального стану довкілля.

Для оцінки екологічного стану поверхневих вод експериментальні дані порівнюються з розрахованими за формулою [5]:

$$S_{max} = S_n + S_{cr} \times B \left[\frac{0.14 \times q_{cr} \sqrt{\frac{N}{H}}}{x \times (Q_e + q_{cr}) \varphi} \right], \quad (2)$$

де

$$S_n = \frac{S_e \times Q_e + S_{cr} \times q_{cr}}{Q_e + q_{cr}} - \text{середня концентрація домішки, мг/л;}$$

S_{cr} – концентрація домішки у стічній воді, мг/л;

B – середня ширина русла річки, м;

q_{cr} – стік води, м³/с;

Q_e – витрати річки, м³/с;

$$\overline{H} = \frac{H}{B} - \text{відносна глибина річки;}$$

H – середня глибина річки, м;

φ – параметр звивистості;

x – відстань від джерела забруднення, м;

$$C = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}} - \text{коефіцієнт Шезі;}$$

n – коефіцієнт шорсткості;

$$R = \frac{\omega}{\chi} - \text{гідравлічний радіус, м;}$$

$$\chi = B + 2H$$

$$\omega = B \times H$$

$$N = \frac{M \times C}{g}$$

$$M = 0.7 \times C + 6$$

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Графік експериментальних та розрахункових даних

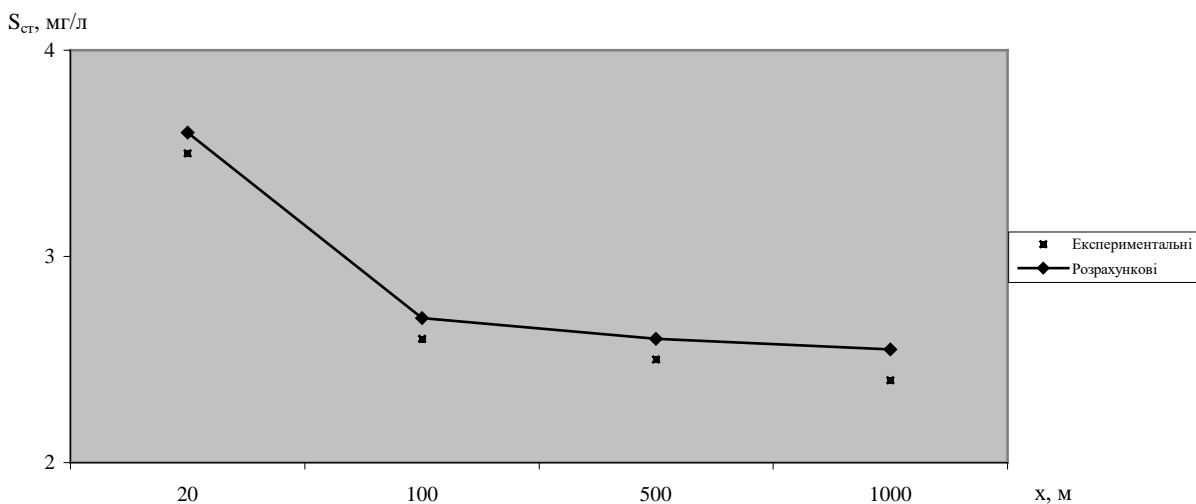


Рис. 1. Графік результатів відбору проб поверхневих вод р. Нивка та розрахункових даних.

Із графіка видно, що експериментальні результати з достатньою точністю узгоджуються з даними розрахунків.

Використавши формулу (2), можна зробити прогноз зменшення якісних показників концентрації поллютантів.

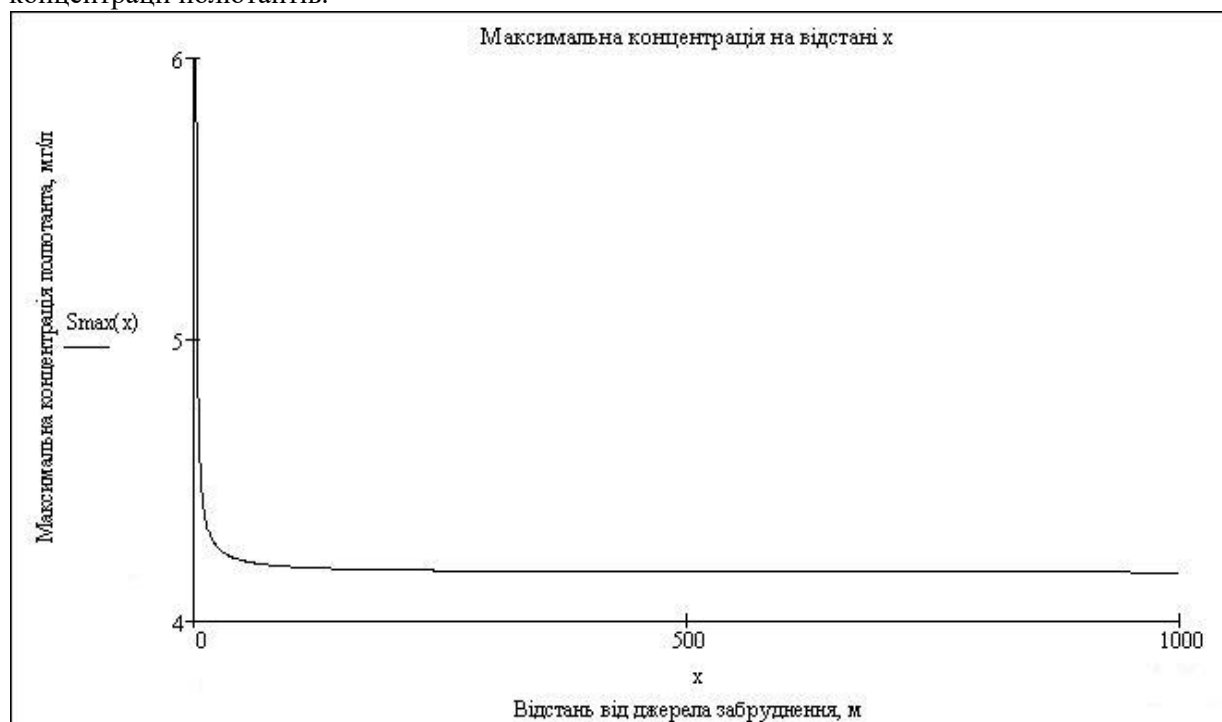


Рис. 2 Графік зменшення концентрації забруднюючих речовин.

Із графіка видно, що максимальне зменшення концентрації поллютантів припадає на відстань перших 200 м від джерела забруднення.

Як показали моніторингові дослідження, переважаючими забруднювачами поверхневих вод р. Нивка є такі важкі метали, як Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr⁺⁶, Fe та нафтопродукти, максимальна концентрація яких перевищує гранично допустиму у кілька разів (табл. 1).

Порівняння даних експерименту та результатів, одержаних за формулою (2), дає підставу застосувати наближену одномірну математичну модель для прогнозування екологічного стану водойм у режимі реального часу.

Слід зауважити, що розрахунки за формулою (2) можна прийняти для прогнозування розповсюдження забруднення таких компонентів, як Mn, Zn, Cu, Ni, Cr⁺⁶. Для прогнозування вкладу інших важких металів і нафтопродуктів у забруднення поверхневих вод необхідно провести додаткові теоретичні дослідження.

Список літератури:

1. Г.Ф. Фомин. Вода. Контроль химической, бактериологической и радиационной безопасности по международным стандартам. – М.: Химия, 2000. – 835 с.
2. Ю.Ю. Лурье. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 447 с.
3. Клименко М.О., Прищепя А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: Навч. посібн. – Рівне: РДТУ, 2001. – 233 с.
4. Київ як екологічна система: природа-людина-виробництво-екологія / Наук. ред. П.Г. Шищенко, Я.Б. Олійник, В.В. Стецюк. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2001. – 259 с.
5. Чисельне моделювання розповсюдження забруднення в навколишньому середовищі / Згуровський М.З., Скопечкий В.В., Хрущ В.К., Беляєв М.М. – К.: Наукова думка, 1997. – 368 с.
6. ГОСТ 17.1.5.05-85 „Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков”.
7. Tyler Germund. A method for surveying heavy metal deposition. // Proc. 2nd Lutern Clean Air congress. – Washington, Dc., 1970.
8. Wright D.A. Heavy metal accumulation by aquatic invertebrates // Appl. biol. – 1978. – 3. – P. 331-394.