

Є.М. Крижановський, к.т.н., доц.
Вінницький національний технічний університет

І.В. Давидова, к.с.-г.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

МЕТОД АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ІНДЕКСУ ЗАГАЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСТА

Удосконалено метод розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення міста зі складовими з забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря та ґрунтів на основі керівного нормативного документа «Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод». Формалізовано детальний алгоритм застосування методу.

Охарактеризовано засоби автоматизації розрахунку та візуалізації індексу загального забрудненості міста. Запропоновані удосконалення методу апробовано при розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення міста Кривий Ріг.

Ключові слова: екологічний моніторинг, індексу загального забруднення, геоінформаційні системи, візуалізація.

Постановка проблеми та актуальність дослідження. На даний час накопичується досить велика кількість даних моніторингу якості різних складових довкілля (вод, атмосферного повітря, ґрунтів). Ці дані забезпечують досить детальне представлення екологічного стану місць, в яких проводяться спостереження, але для формування інтегральних оцінок якості навколишнього середовища певної території (міста, області тощо) необхідно розраховувати індекси загального забруднення. На сьогодні є певна кількість методичних напрацювань, що формалізують розрахунки окремих складових індексу загального забруднення, але відсутній метод визначення індексу загального забруднення території. Беручи до уваги той факт, що вхідними даними для розрахунків є досить велика кількість даних моніторингу, а сам алгоритм розрахунку передбачає достатньо велику кількість розрахунків, актуальним є також розробка підходів для автоматизації [1] розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення території.

Результати дослідження. Для будь-якої території в загальному випадку розрізняють такі основні складові навколишнього середовища: поверхневі води, підземні води, атмосферне повітря, ґрунти. Це ті складові, для яких зазвичай проводяться регулярні спостереження в межах державного моніторингу довкілля. Результати саме цих спостережень є вихідними даними для розрахунку індексу загального забруднення міста чи іншої адміністративної території.

На даний час для розрахунку коефіцієнта (індексу) загального забруднення поверхневих вод офіційно затвердженою є методика розрахунку коефіцієнта забрудненості природних вод, яка наведена в КНД 211.1.1.106 «Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів)». Дану методику можна використовувати і для розрахунку коефіцієнта забрудненості підземних вод, оскільки нормативи (ГДК) для підземних та поверхневих вод є єдиними.

Беручи до уваги відсутність на території України офіційно затверджених методик розрахунку коефіцієнтів забрудненості атмосфери та ґрунтів, пропонується проводити розрахунки за алгоритмом, наведеним в КНД 211.1.1.106. Даний алгоритм не спирається на специфіку розповсюдження забруднюючих речовин в поверхневих водах, тому може бути застосованим і для інших складових довкілля, таких як ґрунти та атмосфера.

Коефіцієнт забрудненості (КЗ) є узагальненим показником, що характеризує рівень забрудненості сукупно за низкою показників якості, які багаторазово виміряні у кількох пунктах (створах, постах) спостережень [16].

Величина КЗ характеризує кратність перевищення нормативів у частках ГДК. Наприклад, $K3 = 1,2$ означає, що нормовані показники якості об'єкта (регіону, ділянки) у середньому в 1,2 раза (або на 20 %) перевищують ГДК. Іншими словами, якість води у цьому випадку у 1,2 раза гірше за нормативну.

Будь-які значення КЗ, що перевищують одиницю, свідчать про порушення діючих норм. Тотожність КЗ одиниці означає, що для даного об'єкта всі нормовані показники якості в усіх пунктах (створах, постах) спостережень при всіх вимірюваннях протягом досліджуваного періоду відповідають діючим нормам. Значень менше одиниці коефіцієнт забрудненості приймати не може [16].

Коефіцієнт загального забруднення міста повинен розраховуватися з урахуванням наступних даних моніторингу:

- даних моніторингу якості поверхневих вод у створах регулярної мережі моніторингу;
- даних моніторингу якості підземних вод у свердловинах;
- даних моніторингу ґрунтів у постійних точках відбору проб;

- даних моніторингу стану атмосфери у стаціонарних постах спостережень та постійних постах на підприємствах.

Для кожних з наведених вище сукупностей даних моніторингу проводиться розрахунок коефіцієнта забрудненості за наступним алгоритмом.

1. Значення КЗ вираховуються за формулами [2]:

$$\gamma_{ijm} = \begin{cases} \frac{C_{ijm}}{ГДК_i}, & \text{якщо } ГДК_i \text{ порушено } (C_{ijm} > ГДК_i) \\ 1, & \text{якщо } ГДК_i \text{ задовольняє } (C_{ijm} \leq ГДК_i), \end{cases} \quad (1)$$

де i – порядковий номер показника; j – порядковий номер пункту (створу, посту) спостережень; n – порядковий номер вимірювань за період часу, що аналізують (квартал, рік тощо).

2. Для речовин, нормативи яких вимагають повної їхньої відсутності. Для кожного з них у (1) замість ГДК = 0 необхідно підставляти те значення концентрації, яке ще може бути виявлено за найбільш чутливою методикою вимірювання даної речовини, тобто найменша з меж його виявлення.

3. Формула (1) придатна для тих показників якості, для яких ГДК задає верхню допустиму межу (тобто те значення, що не можна перевищувати). Якщо ж нормується нижня межа (наприклад, для поверхневих та підземних вод для розчиненого кисню і водневого показника рН), то у випадку їх порушення розрахунок кратності перевищення (γ_{ijm}) ведеться за іншими формулами (2) [2]:

$$\gamma_{ijm} = \begin{cases} 1 & \text{при } C_{ijm} \geq ГДК_i \\ 1 + 9 \frac{ГДК_i - C_{ijm}}{ГДК_i - ВЗ_i} & \text{при } ВЗ_i \leq C_{ijm} < ГДК_i \\ 10 + 90 \frac{ВЗ_i - C_{ijm}}{ВЗ_i - EBЗ_i} & \text{при } C_{ijm} < ВЗ_i \end{cases} \quad (2)$$

4. Для розчиненого кисню в поверхневих та підземних водах значення ВЗ (Високе забруднення) та EBЗ (Екстремально високе забруднення), згідно з додатком 2 ЄМК (Єдине міжвідомче керівництво з організації та здійснення державного моніторингу вод), дорівнюють 3 мг/дм³ та 2 мг/дм³ відповідно. Для рН в поверхневих і підземних водах тимчасово (до встановлення критеріїв ВЗ та EBЗ) можна використовувати у (2) значення $EBЗ_i = 6$ од. рН та $ВЗ_i = 4$ од. рН [2].

5. Для поверхневих вод, беручи до уваги те, що водний об'єкт призначено для кількох видів водокористування, при розрахунку КЗ слід враховувати ті нормативи, які висувають найбільш високі вимоги до якості води. Звичайно такими є нормативи якості води для водойм рибогосподарського призначення. Перелік промислових ділянок рибогосподарських водних об'єктів (їх частин) затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 27 травня 1996 р. № 552. При розрахунку КЗ водних об'єктів, що не є рибогосподарськими, потрібно використовувати ГДК для об'єктів господарсько-побутового водокористування та культурно-побутового водокористування (або інші норми, офіційно встановлені для даного об'єкта).

5. Підрахунок КЗ за всіма показниками для будь-якого пункту (створу, посту) здійснюється за (3) [2]:

$$\gamma_j = \frac{1}{I_j} \sum_{i=1}^{I_j} \left(\frac{1}{N_{ij}} \sum_{n=1}^{N_{ij}} \gamma_{ijn} \right), \quad (3)$$

де I – кількість показників якості води, що виміряні у j -му створі; N – загальна кількість вимірювань.

6. Отримані числові значення КЗ дозволяють оцінити стан за рівнями забрудненості таким чином (табл. 1) [16].

Таблиця 1

Оцінка стану за рівнями забрудненості

Значення КЗ	1	1,01...2,50	2,51...5,00	5,01...10,00	Більше 10
Рівень забрудненості	Незабруднені (чисті)	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні

7. Для визначення загального КЗ необхідно знайти середнє значення КЗ за пунктами (створами, постами).

8. Загальний коефіцієнт забрудненості розраховується таким чином:

$$КЗ_{заг} = \beta \times КЗ_{пов.в} + \beta К \times КЗ_{підз.в} + \beta \times КЗ_{г} + \beta \times КЗ_{а}, \quad (4)$$

де $КЗ_{пов.в}$ – коефіцієнт забрудненості поверхневих вод; $КЗ_{підз.в}$ – коефіцієнт забрудненості підземних вод; $КЗ_{г}$ – коефіцієнт забрудненості ґрунтів; $КЗ_{а}$ – коефіцієнт забрудненості атмосфери; β – ваги складових коефіцієнта забрудненості.

Сума всіх ваг повинна бути рівна 1. За відсутності даних щодо певної складової довкілля (наприклад, щодо ґрунтів) необхідно розподіли ваги між трьома іншими так, щоб в сумі все ж було 1.

Для автоматизації розрахунку та візуалізації загального індексу забруднення міста пропонується використовувати сукупність програмно-інформаційних складових, схема взаємодії яких наведена на рисунку 1.

База даних моніторингу має містити результати спостережень по всіх складових довкілля. Модуль розрахунку індексу загального забруднення (ІЗА) дозволяє користувачеві вибрати пункти (створи, пости) спостережень та показники, за якими здійснюватиметься розрахунок, встановити період, а також вказати ваги для кожної складової довкілля (поверхневих вод, підземних вод, ґрунтів, атмосфери).



Рис. 1. Схема взаємодії складових при автоматизації розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення міста

Даний модуль забезпечує розрахунок загального індексу (коефіцієнта) забрудненості міста, а також розрахувати коефіцієнти забрудненості для кожного пункту (створу, посту) спостережень, з яких наявні дані.

Результати розрахунків автоматично заносяться до параметрів пунктів (створів, постів) на карті геоінформаційної карти міста (території). За кожною складовою довкілля з використання модуля візуалізації будуватиметься інтерпольована поверхня у вигляді матричної карти (чи будь-якого іншого цифрового представлення) (рис. 2) [3].

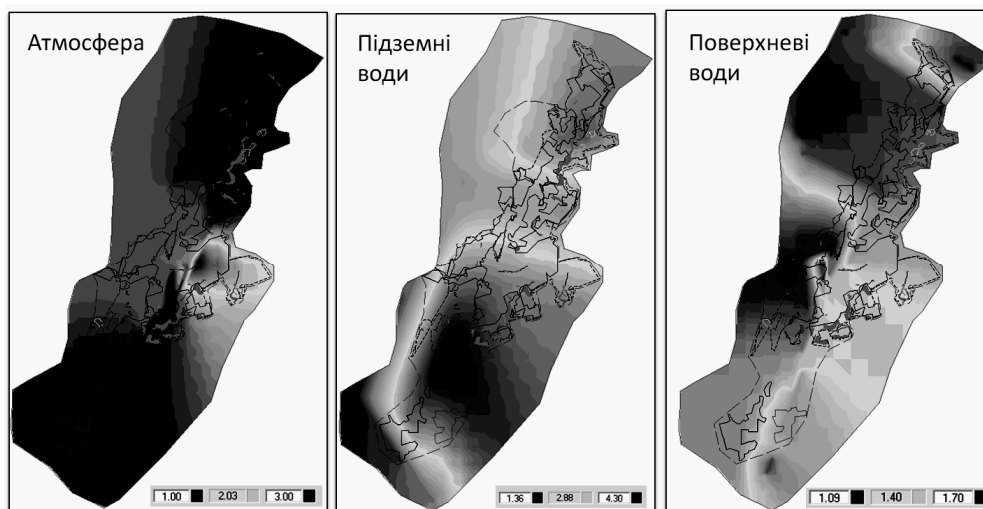


Рис. 2. Приклад інтерпольованих поверхонь забруднення для території міста Кривий Ріг

Для побудови поверхні загальної забрудненості міста необхідно здійснити накладання результуючих матриць по всіх складових довілля (рис. 3) [3].

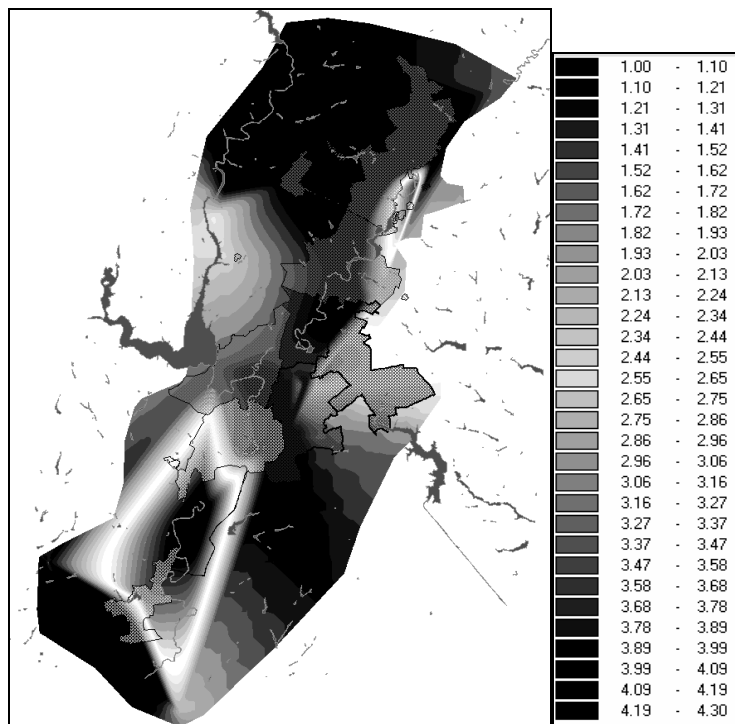


Рис. 3. Приклад інтерпольованої поверхні загального забруднення для території міста Кривий Ріг

Висновки. Отримав подальший розвиток метод розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення міста, шляхом удосконалення алгоритму розрахунку та візуалізації, а також підвищенням рівня автоматизації даного процесу, що забезпечує значно вищу оперативність при здійсненні обчислень та просторовому представленні їх результатів.

Запропоновані удосконалення методу апробовано при розрахунку та візуалізації індексу загального забруднення міста Кривий Ріг.

Список використаної літератури:

1. Гавенко О.В. Технологія автоматизованої побудови інформаційної моделі для моделювання процесів у багатозв'язних просторово-розподілених системах / О.В. Гавенко, В.Б. Мокін // Вісник Вінницького політех. ін-ту. – Вінниця, 2013. – № 2. – С. 73–80.
2. Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів) КНД 211.1.1.106. – К., 2003.
3. Геоинформационная система мониторинга окружающей среды города Кривой Рог / О.В. Гавенко, В.Б. Мокін, Е.Н. Крыжановский, В.В. Беленков // Геопрофи. Москва. – 2013. – № 2. – С. 23–25.

КРИЖАНОВСЬКИЙ Євгеній Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- екологічний моніторинг;
- геоінформаційні системи;
- бази даних.

Тел.: (098)291-44-59.

E-mail: kruzhan@gmail.com

ДАВИДОВА Ірина Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- екологічний моніторинг;
- геоінформаційні системи.

Стаття надійшла до редакції 07.10.2013