

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РІЧКОВИХ ВОД

УДК 621.8

ВОРОНЕНКО Марія Олександрівна

аспірант кафедри інформатики й комп'ютерних технологій Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси: математичні моделі, кореляційно-регресійний аналіз, імітаційні експерименти.

ВСТУП

Хімічний склад природних вод формується як за рахунок природних, так і антропогенних факторів та, зокрема, в результаті надходження забруднень і пов'язаних з ними хімічних перетворень. Викиди в біосферу часто перевищують її природні можливості до

самоочищення і призводять до того, що в ґрунтах, природних водах, приземному шарі повітря і, як наслідок, у флорі та фауні зростає вміст токсичних елементів – арсену, кадмію, ртуті, плумбуму, селену та інших. На рис. 1 представлена карта екологічної ситуації та стану водних ресурсів України [1].



Рисунок 1 – Карта екологічної ситуації та стану водних ресурсів України

Забруднення є результатом неповного та нерационального використання добутих природних ресурсів і продуктів промислового виробництва і, головним чином, недосконалої технології.

Водні ресурси країни перебувають під потужним впливом глобальних кліматичних змін, які накладають на місцеві проблеми погіршення екологічного стану водних басейнів, загострення проблеми транскордонних забруднень і зниження якості води, погіршення технічного стану гідротехнічних споруд. Усе це також суттєво впливає на санітарно-епідемічний стан регіону [2].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Серед праць, присвячених оптимізації екосередовищ і тих, що розглядають процеси, пов'язані з прогнозуванням і оптимізацією якості хімічного складу природних вод, виділяється фундаментальна трьохтомна монографія Горєва Л.М., Дорогунцова С.І. і Хвесика М.А. «Оптимізація екосередовищ» [3]. Створені авторами адекватні математичні моделі відповідних процесів дозволяють імітувати найбільш сприятливі умови функціонування природничо-техногенних середовищ. Комп'ютеризація імітаційних систем дозволяє ефективно знаходити оптимальні варіанти функціонування цих середовищ та запобігати виникненню внештатних ситуацій. Але для того, щоб відповідні імітаційні системи могли стати елементами СППР, необхідно спрощувати чисельні рішення диференціальних рівнянь, що описують процеси в екосередовищі, за рахунок побудови достатньо точних апроксимаційних рівнянь. Це суттєво спрощує користування і робить імітаційні моделі досить зручними для практичної реалізації, як елементи СППР.

Мета статті. Побудова регресійних моделей для автоматизації розрахунків впливу природних та антропогенних факторів на формування хімічного складу річкових вод, більш простих і більш зручних для практичного використання, а також створення імітаційних систем для оптимізації якості річкових вод.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На рис. 2 представлені джерела надходження домішок, що визначають гідрохімічний і кисневий режим води на різних ділянках головної ріки [4].

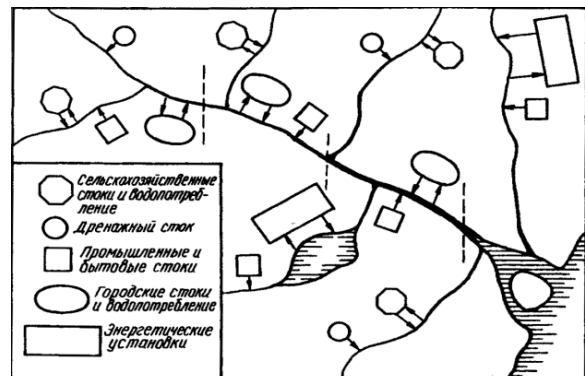


Рисунок 2 – Джерела надходження домішок

З рисунку видно, що на зміну концентрації інгредієнтів, що визначають гідрохімічний режим водотоків, водоймищ і лиманів, впливають наступні фактори:

- річковий стік;
- інфільтрація підземних вод;
- стік кожної притоки, що впадає в головну ріку;
- дренажний стік з гідромеліоративних систем;
- промислові й побутові стоки;
- безповоротне водоспоживання;
- процеси седиментації й взмудлювання донних відкладань;
- трансформація речовини (хімічні, біологічні або радіоактивні перетворення);
- водообмін з морем у низов'я ріки або в лимані;
- процеси взаємодії з гідробіонтами.

Найпростіше розбити всю систему річкового басейну (річкову систему) на підсистеми трьох типів:

I тип (клас) – ділянки головної ріки, розділені притоками або греблями (у зарегульованих ріках);

II тип (клас) – притоки, що впадають у головну ріку на кожній її ділянці, із зазначенням основних водоспоживачів і джерел скидання забруднених вод;

III тип (клас) – ділянки водоскидної площі з водоочисними спорудженнями, гідромеліоративними системами, сільськогосподарськими вгіддями, лісами, пасовищами й т.п.

Для кожної підсистеми визначаються всі входи й виходи відповідно до досліджуваних показників гідрохімічного режиму й складається баланс кількості води й речовини. Для побудови математичної моделі формування якості води необхідна інформація про розміри річкового стоку, опадів, випару, витрат води на безповоротне водоспоживання й т.п., а також про концент-

рацію домішки, що міститься у всіх складових водного балансу[3]. Необхідна інформація звичайно представляється у вигляді таблиць, у яких даються середні за деякий проміжок часу значення величин річкового стоку, опадів і інших вихідних величин. Тому надалі будемо вважати, що зазначені величини є кусочно-постійними функціями.

Математична модель алгоритму розрахунку впливу природніх факторів на формування хімічного складу річкових вод наступна[3]:

а) розрахунки природніх концентрацій іонів у річковій воді (C_0):

$$C_{\min} \exp\left(\frac{Q_{\max} - Q}{Q_{\max} - Q_{\min}} \ln \frac{C_{\max}}{C_{\min}}\right) = C_0 \quad (1)$$

б) розрахунки концентрацій іонів у річковій воді, що формуються за рахунок атмосферних опадів (C_5^{***}):

$$\frac{Q}{A} = K \cdot Z_{\min} \exp\left(\frac{K_{\max} - K}{K_{\max} - K_{\min}} \ln \frac{Z_{\max}}{Z_{\min}}\right) = Z, \quad (2)$$

$$\frac{C_{oss} A (1 - Z)}{Q} = C_5^{***}$$

в) розрахунки концентрацій іонів у річковій воді, що формуються за рахунок вилуговування порід підземними водами (C_6^{***}):

$$C_{oss}^* = C_5^{***} \text{ при } Q = Q_0, A = A_0;$$

$$\frac{(C_{pod} - C_{oss}^* Q_{pod} / Q_0) Q_{pod}}{Q} = C_6^{***}. \quad (3)$$

$$C_{\min} \exp\left(\frac{Q_{\max} - Q}{Q_{\max} - Q_{\min}} \ln \frac{C_{\max}}{C_{\min}}\right) = C_0$$

$$C_0 = C_0^n \text{ при } Q = Q_n, \quad C_0 = C_0^k \text{ при } Q = Q_k,$$

$$C_n - C_0^n = \Delta C_n, \quad C_k - C_0^k = \Delta C_k, \quad \Delta C_n Q_n = R_n, \quad \Delta C_k Q_k = R_k$$

$$\left\{ R_n + \frac{R_k - R_n}{U_k - U_n} \left[(U_k - U_n) + \frac{\tau}{365} \right] \right\} / Q = C_i^{***}, \quad (5)$$

де Q – витрата заданої забезпеченості; U_n – рік початку досліджень; U_k – рік кінця досліджень;

Q_n – середньорічна витрата в рік U_n ; Q_k – середньорічна витрата в рік U_k ; Q_{\max} – найбільша одинична витрата; Q_{\min} – найменша одинична витрата; C_{\min} – концентрації іонів при $Q = Q_{\max}$; C_{\max} – кон-

г) розрахунки концентрацій іонів у річковій воді, що формуються за рахунок вилуговування порід поверхнево-схиловими водами (C_7^{***}):

$$C_0 - C_5^{***} - C_6^{***} = C_7^{***}, \quad C_7^{***} \geq 0. \quad (4)$$

де Q_{\max} – найбільша одинична витрата; Q_{\min} – найменша одинична витрата; Q – витрата заданої забезпеченості; Q_0 – норма витрати; Q_{pod} – витрата підземних вод; A – шар опадів заданою, забезпеченості; A_0 – норма шару опадів; K_{\max} – максимальний коефіцієнт стоку; K_{\min} – мінімальний коефіцієнт стоку; Z_{\max} – кількість іонів, випадних з атмосферними, осіданнями і що витрачаються на засоленість, ґрунтів при $K = K_{\min}$; Z_{\min} – кількість іонів, випадних з атмосферними, опадами і що витрачаються на засоленість ґрунтів при $K = K_{\max}$; C_{\max} – концентрації іонів при $Q = Q_{\min}$; C_{\min} – концентрації іонів при $Q = Q_{\max}$; C_{oss} – концентрації іонів в атмосферних опадах; C_{pod} – концентрації іонів в підземних водах; C_0 – сумарні природні концентрації іонів; C_5^{***} – концентрації іонів, що формуються за рахунок атмосферних опадів; C_6^{***} – концентрації іонів, що формуються за рахунок вилуговування порід підземними водами; C_7^{***} – концентрації іонів, що формуються за рахунок вилуговування порід водами поверхневих схилів.

Математична модель алгоритму розрахунку концентрацій іонів у річковій воді, що формуються за рахунок суми антропогенних факторів [3]:

центрації іонів при $Q = Q_{\min}$; C_n – концентрації іонів в рік U_n ; τ – час, на який виконується імітування;

C_k – концентрації іонів в рік U_k ; C_i^{***} – концентрації іонів, що сформувалися за рахунок суми антропогенних факторів.

Був проведений ряд обчислювальних експериментів, зокрема за розрахунками концентрації іонів, що сформувалася за рахунок атмосферних опадів, а також концентрації іонів у річковій воді, що формуються за рахунок вилуговування порід поверхньо-схиливими водами, від рівня атмосферних опадів. При цьому в широких межах варіювалося значення наступних параметрів процесу: вологість (W_n – від 15 до 30), температура (T_n – від 293 до 302°K.), тривалість процесу (T_{Mn} –

від 4 до 34 годин.), значення шару опадів заданої за безпечності (A – від 5 до 75мм).

ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ІМІТАЦІЙНІ ДОСЛІДИ

За результатами обчислювальних експериментів будувалися апроксимуючі лінійні та нелінійні регресійні моделі. На рис. 3,4 представлені результати моделювання залежності концентрації іонів у річковій воді від рівня атмосферних опадів.

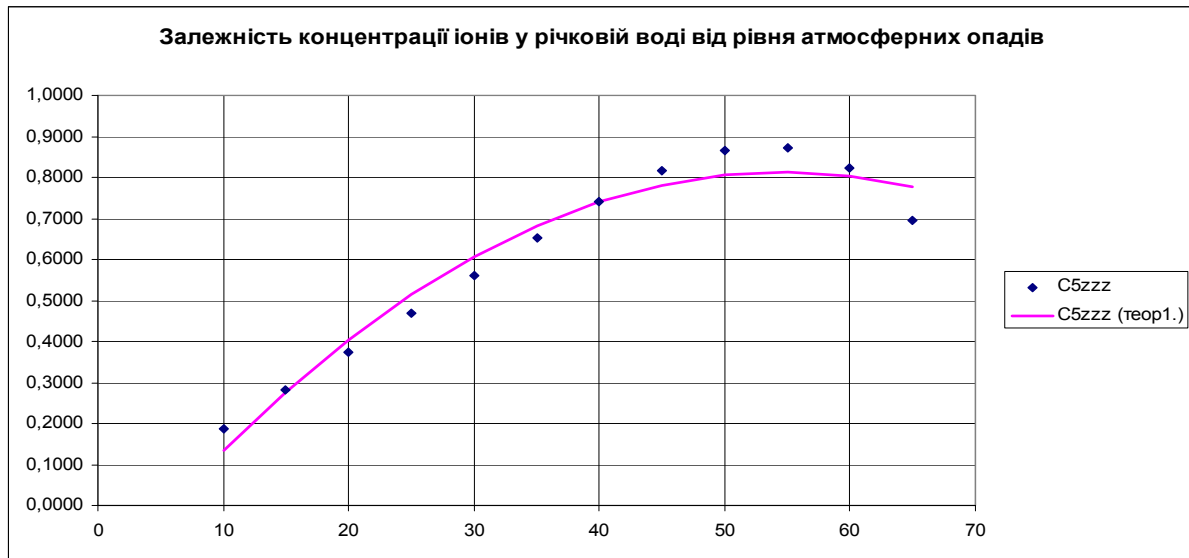


Рисунок 3 – Залежність концентрації іонів у річковій воді від рівня атмосферних опадів (квадратична апроксимація)

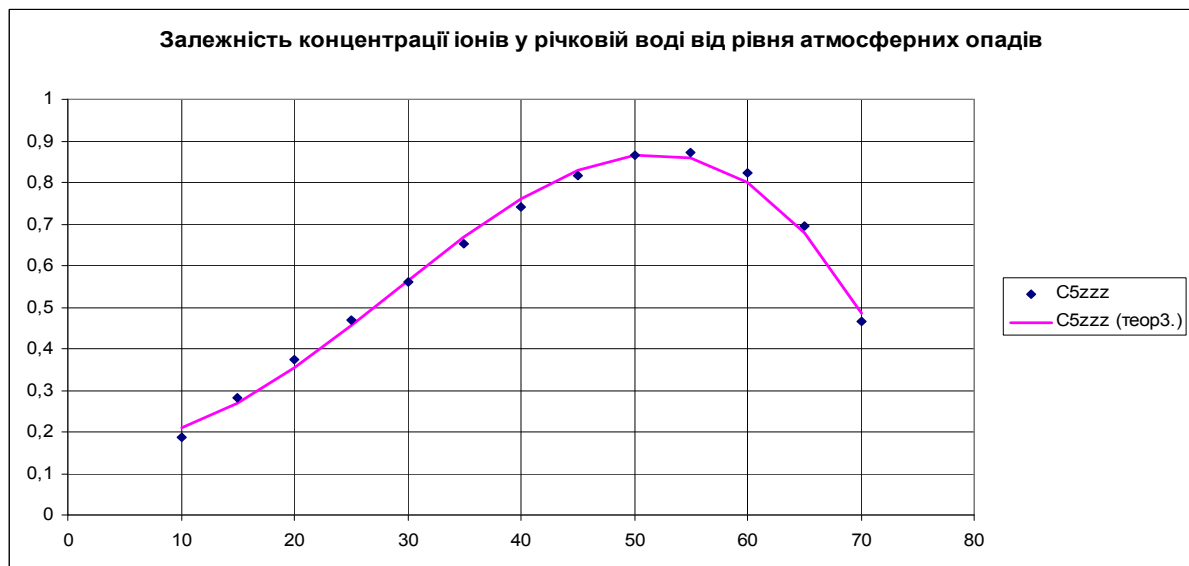


Рисунок 4 – Залежність концентрації іонів у річковій воді від рівня атмосферних опадів (кубічна апроксимація)

Діаграми потоків даних (DFD) є основним засобом моделювання функціональних вимог системи, що роз-

биваються на функціональні компоненти (процеси) і представляються у вигляді мережі, зв'язаної потоками

даних. Головна мета таких засобів – продемонструвати, як кожен процес перетворює свої вхідні дані у вихідні, а

також виявити відносини між цими процесами. Контекстна діаграма зображена на рис. 5.

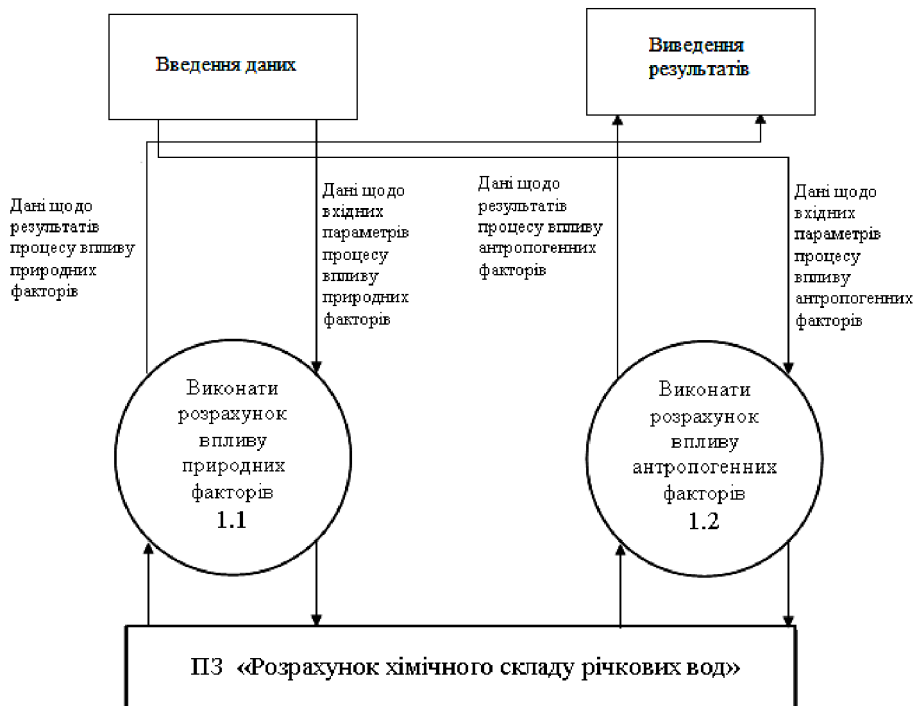


Рисунок 5 – Контекстна діаграма другого рівня

Узагальнений алгоритм головного модуля програми можна представити в наступному вигляді:

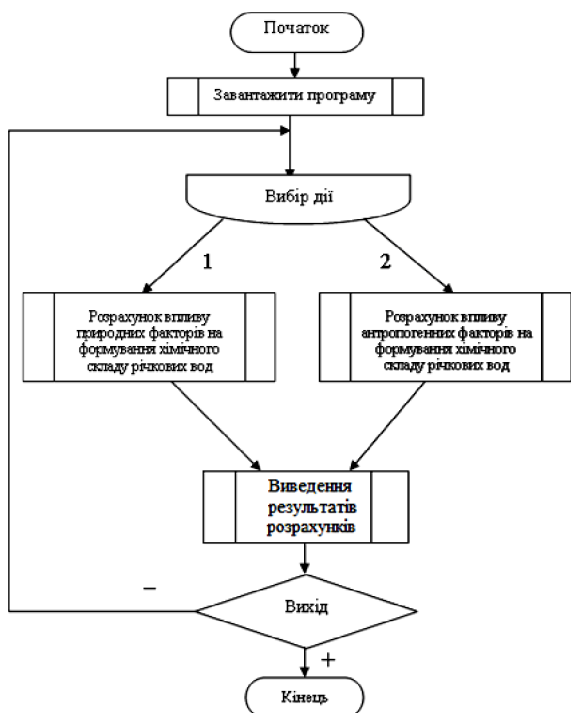


Рисунок 6 – Узагальнена блок-схема програми

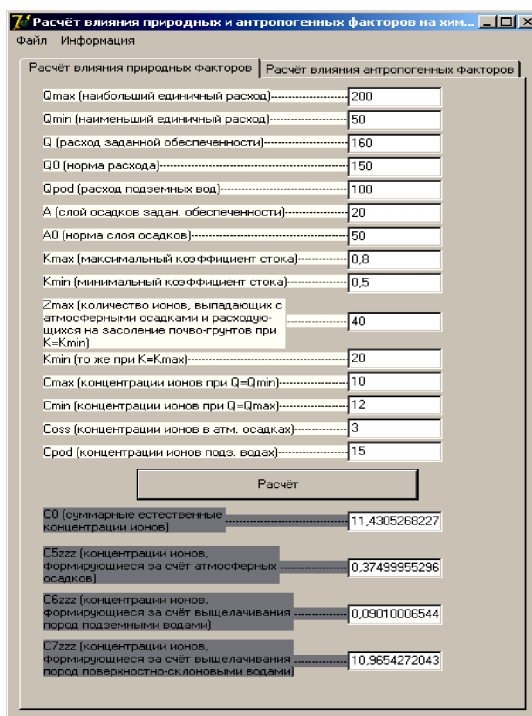


Рисунок 7 – Екранна форма програми та приклад розрахунку у режимі розрахунку параметрів впливу природних факторів на формування хімічного складу річкових вод

Видно, що кубічна регресійна модель з високою точністю (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,994434043$ і середньоквадратична помилка регресії $\sigma = 0,000133$) описує розглянуту залежність.

Параметр	Значення
Qn (среднегодовой расход в год Un)	0
Qk (среднегодовой расход в год Uk)	10
Qmax (наибольший единичный расход)	8,5
Qmin (наименьший единичный расход)	5,5
Q (расход заданной обеспеченности)	1,2
Cmin (концентрации ионов при Q=Qmax)	4
Cmax (концентрации ионов при Q=Qmin)	8
Cn (концентрации ионов год Un)	5
Ck (концентрации ионов год Uk)	7
Un (год начала исследований)	2005
Uk (год конца исследований)	2011
Tau (время на которое выполняется имитирование)	1
С1222 (концентрации ионов, образующиеся за счёт суммы антропогенных факторов)	34,7789808587

Рисунок 8 – Экранна форма програми та приклад розрахунку у режимі розрахунку параметрів впливу антропогенних факторів на формування хімічного складу річкових вод

Екранні форми реалізовані у вигляді стандартного віконного інтерфейсу операційної системи Windows, з

ЛІТЕРАТУРА:

1. Kirilov O.M., Rogalsky F.B., Mihailic S.V., Voronenko M.O. Zahist naselennia i territoriy vid nadzvichainih situacy mirnogo chasy. – Kherson: KNTU, 2007. – 328 s.
2. Zaichenko D. Analiz nadzvichainih situacy tehnogenного ta prirodnogo harakteru //Chrezvichainaia situaciya. – 2010. – №3. – S.37-38.
3. Gorev L.M., Doroguncov S.I., Hvesik M.A. "Optimizaaciya ecoseredovish". Kniga1. Ocinki s proesi. Kiev, "Naukova dumka", 1997. – 542s.
4. Guriv S. Dergavna slugba mediciny katastrof yak komponent sistemi nacionalnoi bezpeki Ukraini /Guriv S., Terentyeva N. //Chrezvichainaia situaciya. – 2010. – №2. – S.54-56.

використанням компонентів середовища розробки Borland Delphi 7. На рис. 7 містяться компоненти для вводу вхідних даних та результатів розрахунків впливу природних факторів на хімічний склад річкових вод. На рис. 8 містяться компоненти для вводу вхідних даних та результатів розрахунків впливу антропогенних факторів на хімічний склад річкових вод.

ВИСНОВКИ

Були сформульовані та алгоритмізовані математичні моделі, що дозволяють здійснювати аналіз забруднення річкових вод внаслідок дії природних і антропогенних факторів. Програмне забезпечення цих моделей виконане єдиним комплексом, що зручно для користувача.

Виконана серія імітаційних обчислювальних експериментів, на основі яких були побудовані квадратичні і кубічні регресійні моделі, які характеризуються високим коефіцієнтом детермінації і високою точністю, а також більш прості й більш зручні для практичного використання.

Реалізовані алгоритми можуть являтися частиною СППР при аналізі і прогнозуванні виникнення надзвичайних ситуацій санітарно-епідемічного характеру, а також можуть бути використані для створення імітаційних систем з метою оптимізації якості розглянутих екосередовищ: річкових вод і водойм.

Рецензент: д.т.н., доц. Шерстюк В.Г.,

Херсонський національний технічний університет.