

### Список літератури

1. Геоєкологія України : зб. наук. праць / відп. за вип. Г.І. Рудько. – К.: Манускрипт. 1993. – 117 с.
2. Залеський І.І. Дослідження забруднення важкими металами ґрунтів басейну р. Устя : звіт про НДР / І.І. Залеський. – Рівне, 1994. - 118 с.
3. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды / Глазовская М.А. и др. – М. : Наука. 1993. – С. 47-56.

#### **Екогеохімічний стан донних відкладів р. Устя**

**Клименко М.О., Залеський І.І.**

*Виконані комплексні дослідження екогеохімічного стану басейну р.Устя. На основі результатів вивчення донних відкладів русла визначені зони забруднення води важкими металами, котрі надходять у річку разом зі скидами промислових підприємств Рівненсько–Здолбунівської промислової агломерації. Розроблені заходи по відновленню природного стану р.Устя.*

#### **Экогеохимическое состояние донных отложений р. Устя**

**Клименко Н.О., Залесский И.И.**

*Выполнены комплексные исследования экогеохимического состояния бассейна р.Устя. На основании результатов изучения донных отложений русла определены зоны загрязнения воды тяжелыми металлами, которые поступают в реку в составе сбросов промышленных предприятий Ровенско – Здолбунувской промышленной агломерации. Разработаны мероприятия по восстановлению природного состояния р.Устя.*

#### **Hydroecologi of the basin of the river Ustia**

**Klymenko M.O., Zalessky I.I.**

*According to the research of the given deposits of the river-bed The areas of the pollution of the water by the heavy metals which come to the river as a component of the fault of interesting plants of Rivne-Zdolbuniv industrial agglomeration were ascertained. The steps towards the renewal of the natural condition of the river Ustia were taken.*

УДК 556.53.4

## **МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ ІОННОГО СТОКУ ГІРСЬКИХ ТА РІВНИННИХ РІЧОК І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ**

**Колодеєв Є.І., Гриб О.М., Захарова М.В., Яров Я.С.**

*Одеський державний екологічний університет*

**Ключові слова:** іони, концентрація, інтерполяція, гідрограф

**Постановка проблеми.** Розрахунок обсягів змиву хімічних і забруднюючих речовин зі схильним потоком води в річкові русла та обчислення іонного стоку річок є одними з найважливіших і складних задач при визначенні гідроекологічного стану річок та водойм, в які вони впадають. Для вирішення даної проблеми на кафедрі гідроекології та водних досліджень Одеського державного екологічного університету (ОДЕКУ) під керівництвом доктора географічних наук, професора Олександра Григоровича Іваненко (1934–2008) були розроблені та апробовані науково-обґрунтовані методи обчислення іонного стоку

гірських та рівнинних річок України. В основу методологічної бази побудови математичних моделей змиву хімічних речовин зі схилів та іонного стоку річок покладено методи системного аналізу багатьох параметрів навколишнього природного середовища – гідрометеорологічних, гідрохімічних, гідрогеологічних, геохімічних та ін., що дозволило розглядати роботу всієї річкової системи як єдиного цілого з врахуванням взаємодії її компонентів.

**Аналіз попередніх досліджень.** Вибір методу обчислення концентрацій та витрат хімічних речовин в річкових створах проводиться на основі даних про хімічний склад води, гідрологічний режим, метеорологічні фактори на території водозбору та інших чинників, які впливають на гідрохімічний режим річок.

Одним з головних чинників змиву хімічних речовин зі схилів є дощовий стік, формування якого на водозборі – складний процес, який відбувається під впливом рідких опадів і визначається процесами поверхневого та підповерхневого стікання, інфільтрації, а також русловою трансформацією паводкової хвилі. Значний внесок у розвиток методів прогнозування паводків на річках України внесла Н.Ф. Бефані [1]. Нею розроблені територіально-загальні методи прогнозу паводкового стоку, засновані на використанні генетичних методів його розрахунку. Багато методів обчислення іонного стоку в руслі річок, розроблено вітчизняними вченими-гідрохіміками Л.М. Горєвим, В.І. Пелешенко, С.І. Сніжко, В.І. Осадчим та ін., якими науково-обґрунтовано та апробовано чотири групи методів розрахунку іонного стоку, а саме: прямі, кореляційні, статистичні та опосередковані [2-4]. В результаті багаторічних наукових досліджень іонного стоку гірських та рівнинних річок України (Криму, Карпат, Дунаю, Дніпра, Дністра, Південного Бугу та ін.) кафедрою гідроекології та водних досліджень ОДЕКУ також розроблено і апробовано науково-обґрунтований метод обчислення стоку розчинених хімічних речовин з урахуванням генетично-однорідних складових водного стоку невеликих, середніх і великих річок та просторову математичну модель змиву хімічних речовин схилувим потоком води на основі моделі кінематичної хвилі [5-10].

**Виклад основного матеріалу.** Для опису основних процесів стокоформування призначені блоки розробленої просторової моделі, що описують схилувий стік, водоутворення та русловий стік води і розчинених хімічних речовин. При побудові математичних моделей річкових водозборів з розподіленими параметрами необхідно враховувати просторову зміну основних факторів стоку. Запропонована модель формування якості річкових вод враховує просторову мінливість основних факторів стоку, а саме – опадів, вологості ґрунтів, геоморфологічних, ґрунтово-ботанічних та інших характеристик за площею водозбору, тобто застосовується оптимальна дискретизація полів факторів стоку. Це необхідно для вивчення перенесення річковими водами забруднюючих

речовин, оскільки протягом цього процесу речовини піддаються якісній і кількісній зміні.

Для опису процесів руслового стоку води і транспортування хімічних речовин у просторовій моделі використовується наступна система рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{B_x}{2 \cdot L_{cx}} \cdot q'_{x,t}; \\ v = a_p \cdot \left( \frac{1+L}{1+l_i} \right)^{0,25} \cdot I_p^a \cdot Q^b, \end{cases} \quad (1)$$

де  $Q$  – витрата паводка на одиницю довжини русла,  $m^3/(m \cdot c)$ ;  $\omega$  – площа живого перетину,  $m^2$ ;  $B_x$  – ширина басейну по еквідистанті, км;  $L_{cx}$  – середня довжина схилу, км;  $q'_{x,t}$  – модуль схилового стоку на одиницю ширини схилу,  $m^3/(m \cdot c)$ ;  $v$  – швидкість поширення хвиль,  $m/c$ ;  $a_p$  – русловий параметр, що залежить від шорсткості та форми русла;  $L$  – повна довжина русла, км;  $l_i$  – відстань від початку річки до  $i$ -го створу, км;  $I_p$  – ухил русла, ‰;  $a$  і  $b$  – параметри формули.

Розрахунок гідрографу схилового стоку для двох його основних видів – поверхневого та підповерхневого – проводився з використанням наступної системи рівнянь кінематичної хвилі [5,8,9]:

$$\begin{cases} (n+1)mI_{cx}^u y^n \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = h_t; \\ h_t = a_t - (k_0 + \frac{A}{t^n}), \end{cases} \quad (2)$$

де  $y$  – глибина рівномірно розподіленого схилового потоку, мм;  $I_{cx}$  – ухил поверхні схилу;  $m, u, n$  – параметри формули швидкості течії, що залежать від шорсткості поверхні схилу та його мікрорельєфу;  $h_t$  – інтенсивність водоутворення, мм/хв;  $a_t$  – інтенсивність дощу, мм/хв;  $k_0$  – стала інтенсивності інфільтрації, мм/хв;  $A$  – параметр інфільтрації, зв'язаний зі зволоженням, мм;  $n$  – показник редукції, що дорівнює 0,667;  $t$  – час, хв.

Інфільтрація підповерхневого стоку на схилах з пористим верхнім шаром ґрунтів, що підстиляються відносним водопором, обчислюється за подібною двочленною формулою, тільки як втрати тут приймається стала інтенсивність інфільтрації в підстильний відносний водоупір  $k_n$  і параметр інфільтрації  $A_n$ , що встановлюються методами оптимізації за умови мінімуму критерію якості.

Залежно від глибини поверхневого стоку  $y$  та підповерхневого стоку  $z$  обчислюються модулі схилового припливу води:

$$q'_{нов} = \frac{m}{L_{cx}} y^{n+1} I_{cx}^u; \quad (3)$$

$$q'_{нідн} = \frac{v_0}{L_{cx}} \partial_0 z \sqrt{I_{cx}}, \quad (4)$$

де  $q'_{нов}$ ,  $q'_{нідн}$  – відповідно модулі поверхневого та підповерхневого стоку,  $m^3/(c \cdot m)$ ;  $v_0$  – параметр, що залежить від макропор пухкого шару, їхнього діаметра та форми перетину;  $\partial_0$  – коефіцієнт дренажної водовіддачі;  $L_{cx}$  – середня довжина схилу, км.

Наявність на поверхні водозбору двох форм схилового стоку, приводить до необхідності використання в розрахунковій схемі додаткового параметра, що встановлює частку кожного виду стоку у формуванні припливу води зі схилів. Сумарний модуль припливу обчислюється за формулою:

$$q' = dq'_{нов} + (1-d)q'_{нідн}, \quad (5)$$

де  $q'_{нов}$ ,  $q'_{нідн}$  – відповідно модулі поверхневого та підповерхневого стоку, що обчислюють за формулами (3) і (4);  $q'$  – сумарний модуль схилового припливу,  $m^3/(c \cdot m)$ ;  $d$  – частка площі водозбору, на якій формується поверхневий стік.

Послідовність підсумовування стоку розчинених хімічних речовин з часткових площин і формування загальної витрати винесення речовин паводком через замикаючий створ описується за допомогою кінематико-хвильової моделі, яка має наступний вигляд [5,8,9]:

$$\begin{cases} \frac{\partial(C_i y)}{\partial t} + \frac{\partial(C_i q')}{\partial x} = F_i + N_i, \\ F_i = k_i (C_{pi} - C_i) \cdot h \cdot q', \end{cases} \quad (6)$$

де  $C_i$  – концентрація хімічної речовини у стоці,  $mg/dm^3$ ;  $q'$  – боковий приток води в одиницю часу на одиницю довжини,  $m^3/(m \cdot c)$ ;  $h$  – глибина діючого шару, дорівнює товщині шару контакту поверхневих вод з водами ґрунтового розчину, зазвичай дорівнює 1 см;  $k_i$  – коефіцієнт сорбції-десорбції заданої  $i$ -ої речовини;  $C_{pi}$  – рівноважна концентрація,  $mg/dm^3$ ;  $F_i$  – функція, що враховує інтенсивність надходження речовини у водний потік;  $N_i$  – функція, що враховує перетворення речовини під впливом хімічних реакцій, адсорбції та десорбції. У зв'язку з швидким перебігом схилового стоку функція  $N_i$  не враховується при розрахунках.

Рівноважна концентрація обчислюється за наступною формулою:

$$C_{pi} = C_{vi} / (p_i (d_i - C_{vi})), \quad (7)$$

де  $C_{vi}$  – концентрація солей хімічної речовини у ґрунті,  $mg/kg$ ;  $p_i$  та  $d_i$  – числові коефіцієнти.

Чисельні значення коефіцієнтів устанавлюються для кожної речовини окремо у лабораторних дослідженнях за даними про розчинність конкретних речовин, наприклад, для нітритів:  $p_i=0,065$ ,  $d_i=7300$ ; фосфатів:  $p_i=0,066$ ,  $d_i=7351$ .

Чисельне вирішення всіх рівнянь проводилося кінцево-різницеvim методом Прейсмана за ітераційною схемою, яка розв'язувалася за методом А.П. Доморяда з урахуванням трьох членів розкладання за узагальненою формулою Ньютона.

Однак застосування подібної моделі для практичних розрахунків зустрічає ряд ускладнень, одним з яких є процес оптимізації її параметрів, оскільки всі параметри знаходяться між собою в певній залежності та взаємообумовленості. Тому одним з найголовніших завдань, яке стоїть при використанні моделі при розрахунках стоку розчинених хімічних речовин від конкретних дощів є необхідність попереднього встановлення оптимальних значень параметрів моделі, при використанні яких збіжність обчислених і вимірних гідрографів паводку буде найкращою. Оптимізація параметрів моделі полягає в підборі таких їх значень, при яких критерій якості одержить найменшу величину. Для встановлення оптимальних параметрів моделі застосовувався діалоговий метод оптимізації.

Діалогова система оформлена у вигляді комп'ютерної програми, написаної на алгоритмічній мові «Borland C++». В процесі розрахунків вводяться нові значення параметрів – поодинці, або по декілька одночасно. В результаті кожного кроку оптимізації на екран виводиться комплексний графік ходу дощу, стоку води, хімічних речовин та наносів побудований за реальними ординатами гідрографу і обчислений за даною системою. Це дозволяє цілеспрямовано змінювати параметри і вводити нові їх значення для чергового кроку розрахунку та отримання нових результатів основних показників якості процесу, які висвічуються на екрані.

Оптимізація параметрів просторової моделі проводилася на малих водозборах Українських Карпат за даними 36 паводків, її верифікація – по 38 контрольних паводках. Вона здійснювалася в декілька етапів, на кожному з яких визначалися середні значення кожного параметру, а потім виконувалося зв'язування частини параметрів з місцевими фізико-географічними характеристиками водозбору. На першому етапі оптимізація здійснювалася окремо для кожного параметру. На другому етапі здійснювалося осереднення двох параметрів – мінімальної інтенсивності інфільтрації в підстильний водоупір для поверхневого  $k_0=0,0054$  мм/хв і підповерхневого стоку  $k_n=0,0024$  мм/хв, які виявилися загальними для всіх водозборів. На третьому етапі для кожного водозбору проводилося осереднення ще двох параметрів.

Параметр  $d$  формули (5), що характеризує частку поверхневого стоку на схилі зв'язувався із залісенністю водозбору (в частках від одиниці)  $f_n$ :

$$d = \frac{0,46}{1 + 1,49 \cdot f_l^{0,45}} \quad (12)$$

Параметр руслової швидкості  $a_p$  зв'язувався з площею водозбору  $F_{вод}$ :

$$a_p = \frac{0,70}{(1 + F_{вод})^{0,11}} \quad (13)$$

На четвертому етапі для всіх водозборів здійснювалося осереднення двох параметрів – швидкості поверхневого  $m$  та підповерхневого стоку  $v_0$ , значення яких виявилися наступними:  $m=0,032$ ,  $v_0=0,69$ .

На п'ятому етапі виявилась можливість зв'язати параметр формули інфільтрації для розрахунку поверхневого типу стоку  $A$  з індексом зволоження  $I_w$ :

$$A = 44,5e^{-0,06 \cdot I_w} \quad (14)$$

Як приклад розрахунків на рис. 1 наведено комплексний графік опадів, гідрографу обчисленого та фактичного стоку води і розчину іонів нітриту  $NO_2^-$ , а на рис. 2 наведено гідрографи стоку, що розраховані за матеріалами незалежних даних.

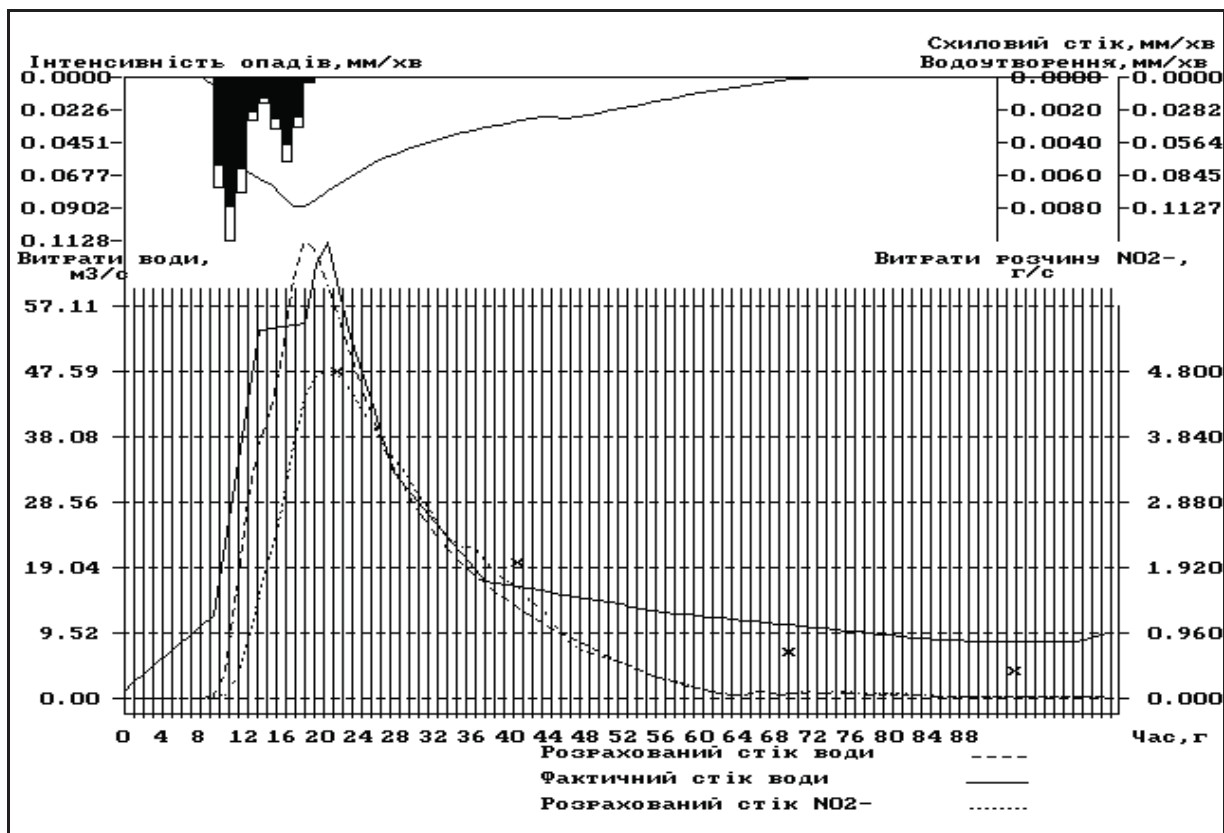


Рис. 1. Комплексний графік стоку води та розчину іонів нітриту  $NO_2^-$ , р. Репінка – с. Репіне (11.06.67 р.)

Зіставлення гідрографів обчислених та фактичних витрат води, а також обчислених та фактичних витрат розчину іонів нітриту  $NO_2^-$  та

фосфату  $P$  показує, що вони відповідають один одному і детально відображають хід дощу в часі.

Серед 36 паводків, використаних для оптимізації у 30 випадках, що складає 83,4% від загального числа паводків, одержане значення  $\bar{S}/\sigma < 0,80$ , тобто розрахунки кваліфікуються як задовільні, причому в половині випадків, одержане значення  $\bar{S}/\sigma < 0,50$ , тобто розрахунки кваліфікуються як добрі.

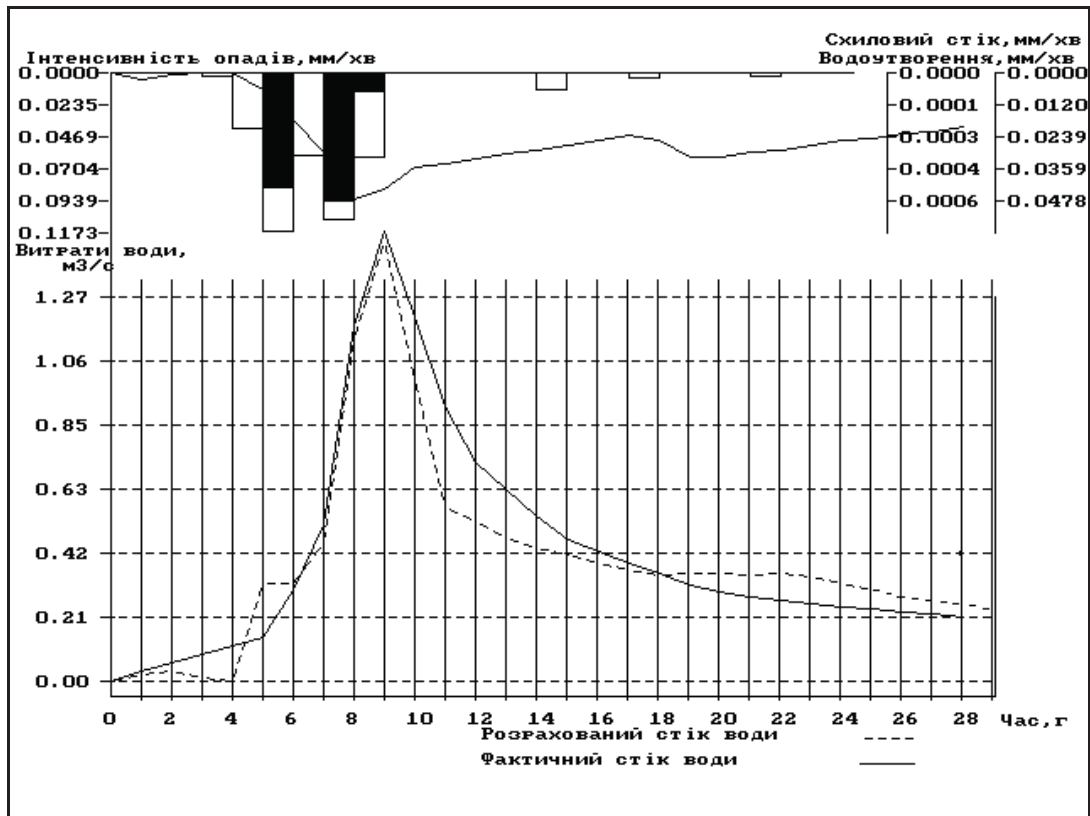


Рис. 2. Комплексний графік стоку води

Взагалі середні значення відхилення максимальних витрат і шарів стоку води складають відповідно  $\Delta Q_{\max} = 1,76\%$  і  $\Delta y = 16,1\%$ , а середнє значення критерію ефективності методики  $\bar{S}/\sigma = 0,59$ .

Серед 38 паводків, використаних для верифікації по контрольним паводкам, у 30 випадках (79,0% від загального числа паводків) одержане значення  $\bar{S}/\sigma < 0,80$ , тобто розрахунки кваліфікуються як задовільні, причому в половині випадків, одержане значення  $\bar{S}/\sigma < 0,50$ , тобто розрахунки кваліфікуються як хороші.

Середні значення відхилення максимальних витрат і шарів стоку складають відповідно  $\Delta Q_{\max} = 1,25\%$  і  $\Delta y = 16,1\%$ , а середнє значення критерію ефективності методики  $\bar{S}/\sigma = 0,62$ .

Отримані оптимальні значення параметрів і розрахункові залежності (12), (13) та (14), можна застосовувати для інших водозборів, про що свідчить перевірка моделі на незалежних матеріалах Карпатської селестокової та Закарпатської воднобалансової станціях за період з 2000 по 2002 рр. [8].

Розрахунок добових концентрацій та витрат розчинених хімічних речовин виконується за генетичними складовими річкового стоку води. Особливістю метода є те, що перед початком розрахунку необхідно розчленувати гідрограф водного стоку на поверхневу і підземну складові. Для визначення витрат контрольованої хімічної речовини, розчиненої водами підземного стоку, необхідно з відібраних за рік проб виділити ті, які взяті в період формування стоку тільки за рахунок підземного живлення, для чого використовується комплексний графік внутрішньорічної зміни стоку води та метеорологічних показників (температури повітря і опадів). Результати аналізів цих проб характеризують хронологічний розподіл концентрацій розчину речовини в підземному стоці (рис.1, 2).

Внесок у загальну витрату розчинених речовин ( $R_3$ ) від різних видів стоку – поверхневого ( $R_n$ ) і ґрунтового (підземного) ( $R_r$ ), відбувається за балансовим співвідношенням:

$$R_3 = R_n + R_r. \quad (15)$$

Надалі ці генетично різні види стоку розчинених речовин і загальний стік обчислюються окремо. Для цього, за даними графічного розчленовування гідрографів щоденних витрат води виділяється поверхнева і підземна складові водного стоку ( $Q_n$  і  $Q_r$ ). Значення вимірної концентрації для точок з явно вираженим підземним стоком приймаються рівними концентрації хімічної речовини в підземному стоці.

За вимірними значеннями витрат води і концентрацій заданої хімічної речовини визначаються їх середні значення  $Q_{r,сep}$  і  $C_{r,сep}$ :

$$Q_{r,сep} = (\Sigma Q_{r,i})/n, \quad (16)$$

$$C_{r,сep} = (\Sigma C_{r,i})/n,$$

де  $n$  – кількість вимірювань.

Для кожної проби обчислюються модульні коефіцієнти ( $K_{Q_{r,i}}$  та  $K_{C_{r,i}}$ ):

$$K_{Q_{r,i}} = Q_{r,i}/Q_{r,сep}, \quad (17)$$

$$K_{C_{r,i}} = C_{r,i}/C_{r,сep}.$$

Добові значення концентрації хімічної речовини в підземному стоці води ( $C_{r,j}$ ) обчислюються як

$$C_{r,j} = K_{C_{r,j}} \cdot C_{r,сep}. \quad (18)$$

Щоденні витрати підземного стоку води ( $Q_{r,j}$ ) обчислюють аналогічно:

$$Q_{r,j} = K_{Q_{r,j}} \cdot Q_{r,сep}. \quad (19)$$

Щоденні витрати винесення підземним стоком розчинених хімічних речовин ( $R_{r,j}$ ) обчислюються за виразом, одержаним з рівнянь (18) і (19):

$$R_{r,j} = C_{r,j} \cdot Q_{r,j} = K_{C_{r,j}} \cdot K_{Q_{r,j}} \cdot C_{r,сep} \cdot Q_{r,сep}. \quad (20)$$

Взявши для поверхневого стоку

$$R_{n,i} = R_{3,i} - R_{r,i}, \quad (21)$$



а

$$R_{n,i} = C_{n,i} \cdot Q_{n,i}, \quad (22)$$

одержимо

$$C_{n,i} = R_{n,i} / Q_{n,i} = (R_{z,i} - R_{r,i}) / Q_{n,i}. \quad (23)$$

Модульні коефіцієнти в поверхневому стоці дорівнюють

$$K_{Cn,i} = C_{n,i} / C_{n,cep}. \quad (24)$$

Вони використовуються при інтерполяції добових значень  $K_{Cn,j}$ .

Добові значення концентрації в поверхневому стоці обчислюються:

$$C_{n,j} = K_{Cn,j} \cdot C_{n,cep}, \quad (25)$$

де  $K_{Cn,j}$  – обчислюються за методом сплайн-інтерполяції.

Добова витрата речовин у поверхневому стоці дорівнює:

$$R_{n,j} = C_{n,j} \cdot Q_{n,j} = K_{Cn,j} \cdot C_{n,cep} \cdot (Q_{z,j} - Q_{r,j}). \quad (26)$$

Таким чином, щоденна витрата виносення розчинених хімічних речовин загальним водним стоком річки розраховується за рівнянням:

$$R_{z,j} = R_{n,j} + R_{r,j}. \quad (27)$$

Для уточнення розрахунків використовуються графіки зв'язку концентрацій речовин і витрат води для однорідних періодів водного режиму (межень – зимова, літня; паводки – зимові, літні; водопілля – з дощами, без дощів). Приклади таких зв'язків для підйому водопілля та літньо-осінньої межени наведено на рис. 3 та 4. Аналіз цих графіків показує відповідність одержаних зв'язків з вихідними даними. Отримані зв'язки застосовуються для відновлення значень показників хімічного складу води з використанням середньодобових витрат води на дні, які не охоплені даними хімічного аналізу річкових вод.

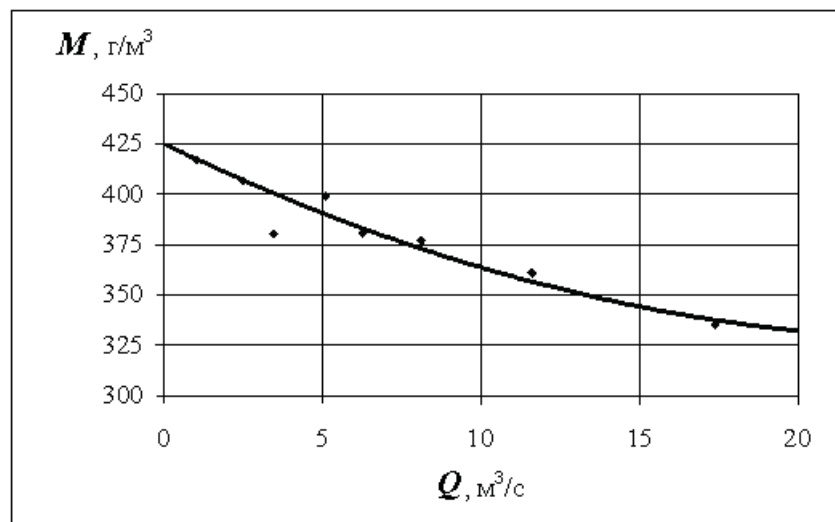


Рис. 3. Залежність між  $M$  і  $Q$ , р. Чорна – с. Хмельницьке, на підйомі водопілля

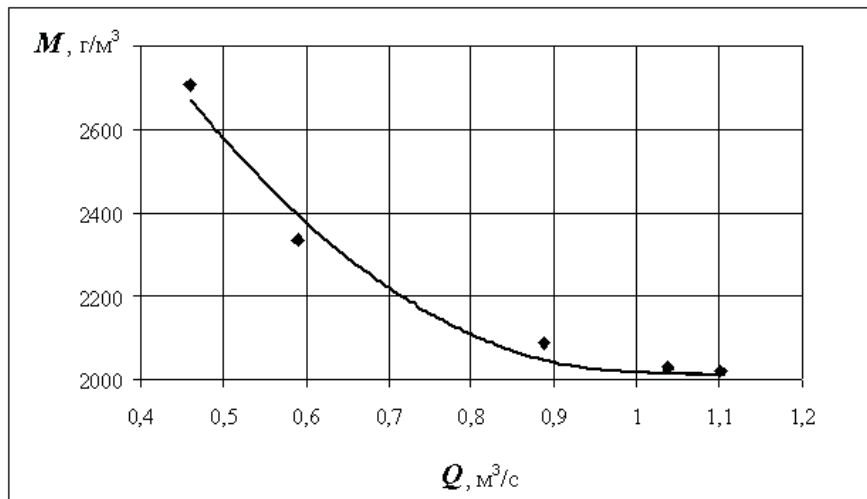


Рис. 4. Залежність між  $M$  і  $Q$ , р. Салгір – с. Двуріччя, для літньо-осінньої межні

Для розрахунку стоку води та виносу розчинених речовин розроблено та апробовано комп'ютерну програму "Хімсток". У програмі для графічного розчленування гідрографу стоку води та математичного опису всіх інтерполяційних графіків застосовується метод кубічної сплайн-інтерполяції перехідних коефіцієнтів добових витрат води та іонного стоку [5, 9, 10]. В результаті розрахунків за допомогою програми "Хімсток" будується комплексний графік середньодобових витрат води, температур повітря, добових сум опадів та середньодобових витрат розчинених речовин і формуються таблиці з добовими величинами.

**Висновки.** Аналіз проведених розрахунків показав, що їх точність для контрольних паводків і паводків, по яким проводилася оптимізація моделі схилового змиву хімічних речовин, однакова, що вказує на стійкість параметрів моделі. Зіставлення обчислених і фактичних гідрографів стоку води та витрат хімічних речовин показує, що параметри моделі вибрані задовільно, а запропонована модель враховує основні фактори формування процесу стоку. Тому модель кінематичної хвилі з встановленими оптимальними параметрами можна використовувати для розрахунків гідрографів стоку води та розчинених хімічних речовин на гірських річках Карпатського регіону та Гірського Криму. Науково-обґрунтований та апробований метод обчислення добових значень іонного стоку гірських та рівнинних річок України (Криму, Карпат, Дністра, Дніпра та ін.) враховує генетичні складові стоку води (поверхневу та підземну). Це дозволяє розрахувати концентрації та витрати окремих елементів соляного складу (кальцію, магнію, натрію, хлору, сульфатів, гідрокарбонатів та ін.) і мінералізації за різні інтервали часу (добу, декаду, місяць, рік та багаторіччя) на багатьох річках України.

#### Список літератури

1. Бефани Н.Ф. Прогнозирование дождевых паводков на основе территориально общих зависимостей / Н.Ф. Бефани. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 183 с. 2. Горев Л.Н. Методика оптимизации природной среды обитания / Горев Л.М., Пелешенко В.И., Кирничный В.В. – К.: Либідь, 1992. – 528 с. 3. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування

якості природних вод / С.І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 264 с. 4. Осадчий В.І. Методологічні основи дослідження чинників та процесів формування хімічного складу поверхневих вод України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геогр. наук: 11.00.07 / С.І. Сніжко. – К., 2008. – 32 с. 5. Іваненко А.Г. Расчёт стока воды и смыва химических веществ с малых водосборов в районе юго-восточной части горного Крыма / А.Г. Іваненко, О.Н. Гриб // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2003. – Вип. 47. – С. 178-185. 6. Гриб О.Н. Уточнение метода расчёта ежедневных расходов минеральных веществ на малых реках Крыма / О.Н. Гриб // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – Вип. 49. – С. 511-519. 7. Колодеев Е.И. Состав речных вод и вынос растворённых веществ с бассейна реки Прут / Е.И. Колодеев, О.Н. Гриб // Вісник ОДЕУ. – 2005. – Вип. 1. – С. 144-152. 8. Захарова М.В. Застосування кінематичної моделі для розрахунку руслового стоку води / М.В. Захаров // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – Вип. 49. – С. 469-477. 9. Іваненко О.Г. Математичне моделювання гідроекологічних систем : навчальний посібник / О.Г. Іваненко. – Одеса : Екологія, 2007. – 144 с. 10. Гідроекологічні проблеми регіонів України (Південно-західний регіон: басейни річок Дністра, Дунаю, Південного Бугу, річок Криму та лимани Північно-Західного Причорномор'я) : Звіт про НДР (заключний) / ОДЕУ – Одеса, 2008. – 250 с.

**Методи розрахунку іонного стоку гірських та рівнинних річок і перспективи їх подальшого розвитку**

*Колодеев Є.І., Гриб О.М., Захарова М.В., Яров Я.С.*

*У статті приводиться обґрунтування методів розрахунку іонного стоку річок України, розроблених під керівництвом професора А.Г. Іваненка.*

**Методы расчёта ионного стока горных и равнинных рек и перспективы их дальнейшего развития**

*Колодеев Е.И., Гриб О.Н., Захарова М.В., Яров Я.С.*

*В статье приводится обоснование методов расчёта ионного стока рек Украины, разработанных под руководством профессора А.Г. Иваненко.*

**The methods of calculation of ionic flow from the mountain and flat rivers and prospect of further development**

*Kolodeev E.I., Grib O.N., Zakharova M.V., Yarov Y.S.*

*Scientific and methodical approaches by A.G. Ivanenko of further development in relation to the calculation of ionic flow by the rivers of Ukraine are devoted in this article.*

УДК 556.56.3/4

## **ВЕРТИКАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН У ДОННИХ ВІДКЛАДАХ ДНІПРОВСЬКИХ ВОДОСХОВИЩ**

*Осадча Н.М., Білецька С.В.*

*Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут,  
м. Київ*

**Ключові слова:** донні відклади, гумінові кислоти, фульвокислоти

**Вступ.** Гумусові речовини (ГР) є однією з основних ланок функціонування екологічних систем [20]. Вони відіграють основну роль у геохімічному циклі вуглецю і є найбільш термодинамічно стійкою формою збереження органічних речовин у біосфері.