

Є.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакірзанова, Г.М. Андрієвська

**ДОВГОСТРОКОВЕ ПРОСТОРОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ  
МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСНЯНОГО СТОКУ З  
ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОГО  
КОМП'ЮТЕРНОГО КОМПЛЕКСУ**

Запропоновано науковий метод довгострокового прогнозу максимальних витрат і рівнів води зимових паводків та весняної повені на основі встановлення типу весни, ймовірності її настання, консультації термінів проходження повені, який реалізується за допомогою комп'ютерного комплексу.

**Загальні положення.** Для підвищення ефективності заходів протипаводкового захисту населення та сільськогосподарських угідь від негативних наслідків у разі затоплення їх повеневими водами потрібно удосконалювати науково-методичну та практичну базу розрахунків і прогнозів водності річок. У багатоводні роки під час проходження катастрофічних повеней загроза небезпечної дії вод особливо гостро відчутна в басейнах тих річок, де не відбуваються гідрологічні спостереження і відповідно відсутні будь-які методики прогнозування.

У цій роботі запропоновано науковий метод довгострокового прогнозу максимальних витрат і рівнів води весняної повені, який реалізовано за допомогою комп'ютерного комплексу. Він дозволяє оперативно прогнозувати максимальні витрати води та ймовірності їх настання в межах будь-яких водозборів, навіть й за відсутності стокових вимірювань на річках. Такий комп'ютерний комплекс створено із урахуванням особливостей формування весняного стоку в різних басейнах. Його використовують в оперативній діяльності Українського ГМЦ для басейну Десни, включаючи р. Сейм і деякі лівобережні притоки середнього Дніпра [2], та розробляють для басейну Прип'яті і правобережних приток Дніпра.

Комп'ютерний комплекс включає такі етапи: введення та первинну обробку вихідної гідрометеорологічної інформації шляхом відновлення її у разі неповноти інформації; визначення середніх по водозборах факторів весняного стоку, враховуючи й ті, що отримані за метеорологічними прогнозами; прогнозування максимальних витрат та рівнів води.

Блок-схема програми для довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля представлена на рис 1.

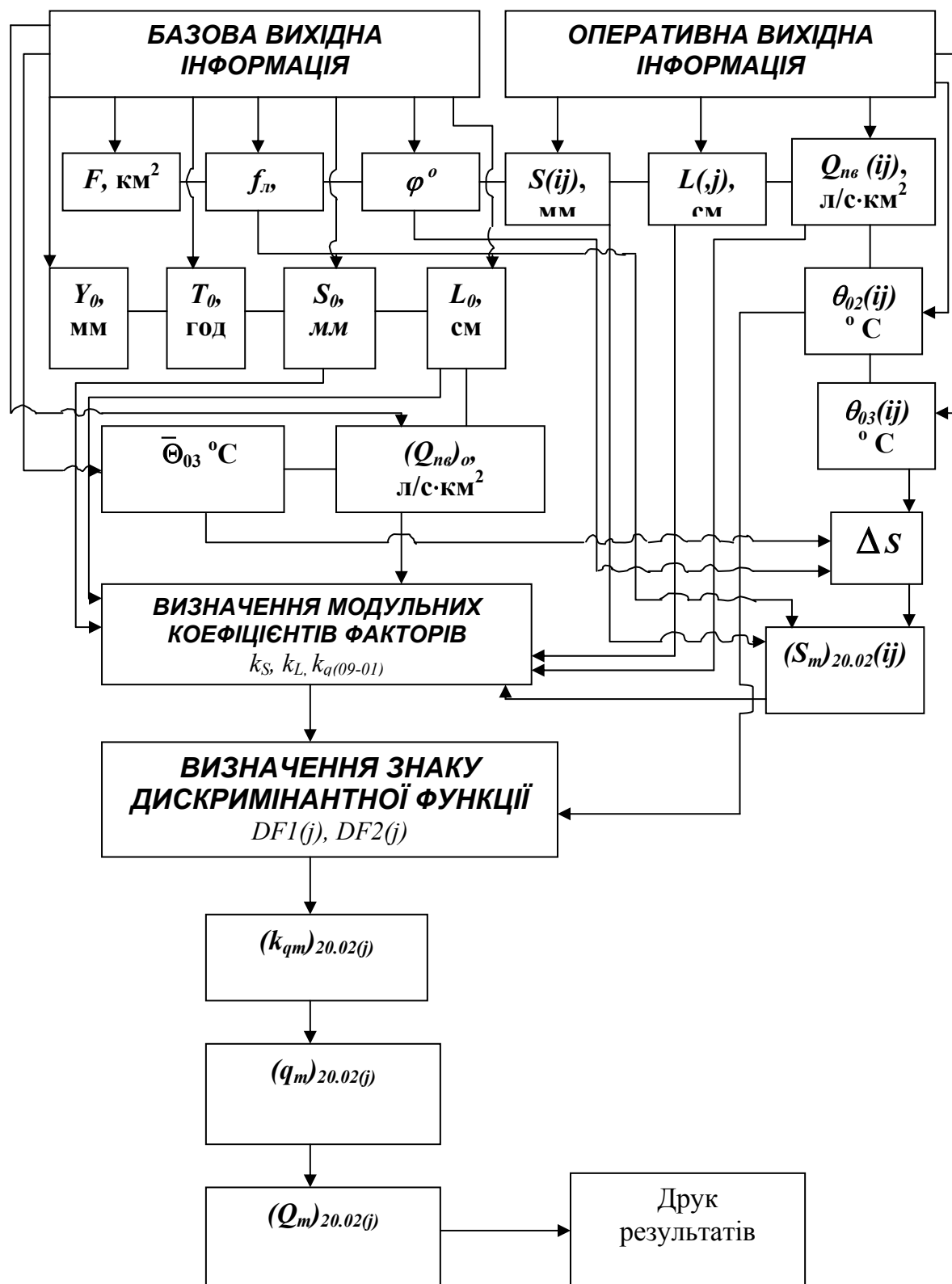


Рис. 1. Блок-схема програми для довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняної повені в дату складання прогнозу 20 лютого

Форма надання прогнозу – карти очікуваних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняної повені та їх забезпеченості у багаторічному розрізі.

### **Методика досліджень і вихідні матеріали**

Метод довгострокового прогнозу засновано на побудові залежностей максимальних витрат води від сумарної кількості талої та дощової води, яка бере участь у формуванні весняного стоку річок, виражених у безрозмірних величинах:

$$\frac{q_m}{q_0} = f\left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1o}}\right) \quad (1)$$

Використання методів математичної статистики, а саме дискримінантної функції, дозволило за сукупною дією стокоформуючих факторів визначити її значення, що дало змогу оцінювати повінь за цією чи іншою категорією водності. Числові величини максимальних модульних коефіцієнтів отримуються безпосередньо за залежностями (1), які описуються рівняннями поліному відповідно до категорії водності – високі, середні чи низькі повені, або знімаються з відповідних прогнозних карт для центрів тяжіння водозборів. Для районів з однорідними умовами формування весняної повені дискримінантні рівняння є сталими, а криві можна узагальнювати для річок окремих районів.

Для басейну Прип'яті, де спостерігаються нестійкі погодні умови зимового періоду, які пов'язані з частими тривалими відлигами у січні-лютому і формуванням зимових паводків з максимальними витратами води, близькими до весняних повеней, комп'ютерна програма дає можливість прогнозувати максимальні витрати першої (зимової) хвилі повені, а далі при повторному снігонакопиченні і сніготаненні - максимальний стік весняної повені. Відмінність методики в цьому випадку полягає у визначенні шару талої води і опадів для періоду відлиги та весняної повені.

На календарну дату складання прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля розрахунок середніх на водозборах максимальних запасів води в сніговому покриві перед весняним таненням і опадів періоду завчасності прогнозу  $(S_m + X_1')_{ДСП}$  здійснюють за схемою:

$$(S_m + X_1')_{ДСП} = [S_{ДСП}(1 - f_l) + k_l S_{ДСП} f_l] + \Delta \bar{S} + X_1', \quad (2)$$

де  $S_{ДСП}$  – максимальні запаси води в сніговому покриві (за вимірами у полі), які накопичилися на дату складання прогнозу, мм;  $f_l$  – залісеність водозборів, у частках від одиниці;  $k_l$  – коефіцієнт снігонакопичення в лісі, прийнятий рівним 1,13;  $\Delta \bar{S}$  – нормальна добавка до максимальних запасів води у сніговому покриві, мм;  $X_1'$  – рідкі опади періоду весняного сніготанення, тобто періоду завчасності прогнозу максимальної витрати води водопілля.

Оскільки довгострокові прогнози кількості і твердих, і рідких опадів, як відомо, не складаються, то їх слід враховувати, орієнтуючись на прогноз погоди. Це відноситься до величин нормальної добавки до максимальних запасів води у сніговому покриві  $\Delta \bar{S}$  та кількості опадів  $X_1'$ .

Величина збільшення кількості максимальних запасів води у сніговому покриві  $\Delta \bar{S}$  встановлюється залежно від термінів початку майбутньої весни – очікуваної температури повітря у березні (а іноді й у лютому), яку можна оцінити за метеорологічним прогнозом погоди (як значення, близьке до норми, вище чи нижче норми).

Крім того, величини добавок залежать і від місцеположення пунктів виміру максимальних запасів води у сніговому покриві, про що свідчать відповідні залежності, які описують рівняннями:

$$\Delta \bar{S} = b + a(\varphi^0 - 50), \quad (3)$$

де  $\varphi^0$  – широта метеостанцій, в частках  $^{\circ}$  пн. ш.

Коефіцієнти  $a$  і  $b$  у формулі (3) визначають для календарних дат випуску прогнозів. Умови введення добавки  $\Delta \bar{S}$  і значення коефіцієнтів в рівнянні (3), узагальнених для всієї рівнинної території України, наведено в табл. 1.

Якщо немає інформації про значення опадів ( $X_l$ ) на період завчасності прогнозу, їх величини можна оцінити за нормою, або орієнтуючись на метеорологічний прогноз, за яким очікуються опади, вищі норми, близькі або нижчі за норму, шляхом введення відповідного коефіцієнту:

$$X_1' = kX_{1_0}. \quad (4)$$

Таблиця 1

Нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві  
 $\Delta \bar{S}$ , мм

| Умови введення добавки $\Delta \bar{S}$ залежно від очікуваної температури повітря     |                                                                               | Значення коефіцієнтів рівняння (3) |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| ДСП: до дати 20.02                                                                     | ДСП: від дати 20.02 і пізніше                                                 | $a$                                | $b$               |
| $\Theta_{02,03} \geq (\bar{\Theta}_{02,03} + 1^\circ)$                                 | $\Theta_{03} \geq (\bar{\Theta}_{03} + 1^\circ)$                              | 2,14-<br>0,074 $D$                 | 7,47-<br>0,25 $D$ |
| $(\bar{\Theta}_{02,03} + 1^\circ) > \Theta_{02,03} > (\bar{\Theta}_{02,03} - 1^\circ)$ | $(\bar{\Theta}_{03} + 1^\circ) > \Theta_{03} > (\bar{\Theta}_{03} - 1^\circ)$ | 3,38-<br>0,109 $D$                 | 20,4-<br>0,61 $D$ |
| $\Theta_{02,03} \leq (\bar{\Theta}_{02,03} - 1^\circ)$                                 | $\Theta_{03} \leq (\bar{\Theta}_{03} - 1^\circ)$                              | 3,27-<br>0,086 $D$                 | 26,8-<br>0,55 $D$ |

ДСП – дата складання прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля;

$D$  – кількість днів від 1 лютого до ДСП;

$\Theta_{02,03}$  і  $\bar{\Theta}_{02,03}$  – відповідно середні значення середньомісячних температур повітря в лютому і березні та його норма,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Theta_{03}$  і  $\bar{\Theta}_{03}$  – відповідно середня температура повітря за березень та її норма,  $^\circ\text{C}$ .

Умови введення коефіцієнтів  $k$  до норм опадів  $X_{I_0}$  та їх значення відповідно до метеорологічного прогнозу представлено у табл. 2 для території рівнинної України залежно від широти  $\varphi^\circ$  геометричних центрів тяжіння водозборів, у частках  $^\circ\text{пн. ш.}$  Крім того, встановлена закономірність зміни кількості опадів по території (за географічним положенням водозборів).

Таблиця 2

Коефіцієнти до норм опадів  $X_{I_0}$  з урахуванням метеорологічного прогнозу

| Умови введення коефіцієнтів до норм опадів $X_{I_0}$                                            | Коефіцієнти до норм опадів у формулі (4) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Опади вищі за норму ( $X_I > X_{I_0} + 10$ мм)                                                  | $k_1 = 1,83 - 0,055 (\varphi^0 - 50)$    |
| Опади близькі до норми<br>$[(X_{I_0} + 10 \text{ мм}) \geq X_I \geq (X_{I_0} - 10 \text{ мм})]$ | $k_2 = 0,84 + 0,009 (\varphi^0 - 50)$    |
| Опади нижчі за норму ( $X_I < X_{I_0} - 10$ мм)                                                 | $k_3 = 0,29 + 0,029 (\varphi^0 - 50)$    |

Для періоду зимової відлиги, яка зазвичай спостерігається наприкінці січня – початку лютого, визначення кількості води, що бере участь у формуванні зимового паводку, виконують за формулами:

- у разі повного танення снігу:

$$X_3 = [S_{\text{сд}}(1 - f_{\text{л}}) + k_{\text{л}} S_{\text{сд}} f_{\text{л}}] + X_{\text{сд}}; \quad (5)$$

- у разі часткового танення снігу:

$$X_3 = h_{\text{с}} + X_{\text{сд}}, \quad (6)$$

де  $X_3$  – кількість талої та дощової води, що формують зимовий паводок, мм;  $S_{\text{сд}}$  – запас води у сніговому покриві перед відлигою, мм;  $X_{\text{сд}}$  – кількість опадів за відлигу, мм;  $h_{\text{с}}$  – шар водовіддачі за відлигу (мм), який визначається за умови:

$$h_{\text{с}} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } h_T \leq Z \\ \frac{h_T}{(1 - Z_0)} - Z = (1.15 \cdot h_T) - Z, \text{ якщо } h_T > Z \end{cases}; \quad (7)$$

де  $h_T$  – інтенсивність сніготанення за період відлиги, мм:

$$h_T = a \Sigma \Theta_+, \quad (8)$$

де  $a$  – коефіцієнт сніготанення, прийнятий на рівні 45 мм/°С·діб;  $\Sigma \Theta_+$  – сума позитивних температур повітря за відлигу, °С;  $Z$  – шар води, який утримується в сніговому покриві перед відлигою ( $S_{\text{сд}}$ ) з коефіцієнтом водоутримувальної спроможності снігу  $Z_0$  ( $Z_0 = 0,13$ ):

$$Z = 0,13 \cdot S_{\text{сд}}. \quad (9)$$

У виразі (8) невідомими на дату початку відлиги є сума позитивних температур повітря  $\Sigma \Theta_+$ , для визначення шару талої води і кількість опадів за відлигу. Автори обґрунтували метод визначення цих величин за умови наявності метеорологічного прогнозу погоди, згідно якого передбачається величина вище норми, близько чи нижче норми.

За даними багаторічних спостережень за зимовими відлигами в Україні встановлено [3], що відлига тривалістю понад 10 днів майже завжди призводить до повного танення снігового покриву будь-якої

висоти. Тому суми позитивних температур повітря були визначені для зимових декад, в які є найбільша ймовірність настання відлиги (третя декада січня, перша та друга декади лютого). Зауважимо, що комп'ютерна програма передбачає те, що тривалість відлиги та зимового паводку триватимуть протягом однієї декади.

Встановлено залежності середніх значень  $\Sigma\Theta_+$  за декаду, в яку очікується відлига, з довготою метеостанцій (приведених до  $25^0$  сх. д.):

$$\Sigma\Theta_{+kd} = b_{kd} - a_{kd}(\lambda - 25^0), \quad (10)$$

де  $\lambda$  – географічна довгота метеостанції, в частках  $^0$  сх. д.;  $k$  – номер місяця, в який очікується проходження відлиги;  $d$  – номер декади, в яку очікується проходження відлиги.

Значення коефіцієнтів  $b_{kd}$  і  $a_{kd}$  рівняння (10) отримано залежно від синоптичного прогнозу – при  $\Sigma\theta_+$  вищих за норму; при  $\Sigma\theta_+$  – нижчих за норму; при  $\Sigma\theta_+$  – на рівні норми.

Визначення кількості опадів за відлигу  $X_{\text{вд}}$  в формулах (5) і (6), очевидно, також зведено до прогнозу очікуваної суми опадів за декаду, на яку припадає відлига. Отримати ці значення можна за прогнозою числовою величиною суми опадів за декаду, або орієнтуючись на метеорологічний прогноз, введенням коефіцієнта до очікуваних опадів за декаду як вище, близько чи нижче за норму за рівнянням:

$$X'_{\text{вд}_{kd}} = c(X_{\text{вд}_0})_{kd}, \quad (11)$$

де  $X'_{\text{вд}}$  – прогнозне значення кількості опадів за відлигу, мм;  $(X_{\text{вд}_0})$  – норма опадів за розрахункову декаду, мм;  $c$  – коефіцієнт до норми опадів розрахункової зимової декади;  $k$  – номер місяця, в який очікується проходження відлиги;  $d$  – номер декади, в яку очікується проходження відлиги.

При відсутності інформації про снігозапаси, яка надходить в оперативному режимі, дані про сніговий покрив відновлюють за картами їх розподілу по території.

Відновлення вихідної інформації щодо глибини промерзання (якщо немає їх вимірів в окремих пунктах) здійснюють у програмному комплексі на задану дату прогнозу за допомогою залежностей вигляду:

$$L_j = L_{j(\varphi=50^0)} + b_\varphi(\varphi^0 - 50), \quad (12)$$

де  $L_j$  - глибина промерзання ґрунтів в  $j$ -му пункті спостережень, см;  
 $L_{j(\varphi=50^0)}$  - глибина промерзання ґрунтів на умовній широті, напр.,  $50^0$  пн.ш.;  $\varphi^0$  - географічна широта пункту виміру глибин промерзання ґрунтів,  $^0$  пн.ш.;  $b_\varphi$  - тангенс кута нахилу лінії зв'язку до осі абсцис.

Аналогічні залежності використовують і за відсутності спостережень за витратами води в разі відновлення такого показника вологості басейнів, як модуль середнього стоку з вересня попереднього по січень поточного років (в л/с км<sup>2</sup>):

$$(q_{09-01})_i = (q_{09-01})_{i\varphi=50^0} + b_\varphi(\varphi^0 - 50), \quad (13)$$

де  $(q_{09-01})_i$  - значення середніх модулів стоку  $q$  з вересня попереднього по січень поточного років на  $i$ -му водозборі;  $(q_{09-01})_{i\varphi=50^0}$  - значення середніх модулів стоку  $q$  з вересня попереднього по січень поточного року на умовній широті, напр.,  $50^0$  пн.ш.;  $\varphi^0$  - широта геометричних центрів тяжіння водозборів,  $^0$  пн.ш.;  $b_\varphi$  - тангенс кута нахилу лінії зв'язку до осі абсцис.

Побудову залежностей вигляду (12) і (13) автоматично виконує комп'ютерна програма на задану дату складання прогнозу.

Для басейну р. Прип'ять, де часто спостерігаються зимові паводки при відлигах, в якості індексу передвесняного стану басейнів доцільно приймати стік безпосередньо перед весняним водопіллям. У прогнозну схему введено середній місячний річковий стік у попередній від початку водопілля місяць  $(Q_{нс}, \text{м}^3/\text{с})$ , віднесений до норми витрати води цього ж самого місяця  $(Q_{нс})_0$ :

$$(k_{q_{нс}})_i = \frac{(Q_{нс})_i}{(Q_{нс})_0}, \quad (14)$$

де  $(Q_{нс})_i$  - середня витрата води  $i$ -го місяця, м<sup>3</sup>/с.

За показник метеорологічних умов зимових процесів у дискримінантному аналізі використано середню місячну температуру повітря січня  $\Theta_{01}^0\text{C}$  або лютого  $\Theta_{02}^0\text{C}$  по метеостанціях, що розташовані поблизу геометричних центрів тяжіння водозборів.

Визначивши максимальні модульні коефіцієнти  $\frac{q_m}{q_0}$  за виразом (1)

та викладеною методикою, максимальні витрати води весняного водопілля розраховують через норму максимального модуля стоку  $q_0$ .

Для річок з короткими рядами спостережень або для тих, на яких спостереження взагалі не проводяться, цей метод територіального прогнозу максимуму водопілля дозволяє розраховувати величину  $q_0$  у рамках моделі типового одномодального гідрографу у вигляді:

$$q_0 = q'_0 \psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r, \quad (15)$$

де  $q_0$  – середній багаторічний модуль максимального стоку ( $\text{м}^3/\text{с км}^2$ );  
 $q'_0$  – середній багаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу ( $\text{м}^3/\text{с км}^2$ ):

$$q'_0 = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_0, \quad (16)$$

$\psi(t_p / T_0)$  – трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання;  $\varepsilon_F$  – коефіцієнт русло-заплавного регулювання;  $r$  – коефіцієнт трансформації повеней під впливом озер і водосховищ руслового типу;  $(n+1)/n$  – коефіцієнт нерівномірності схилового припливу у часі;  $T_0$  – тривалість схилового припливу;  $Y_0$  – середній багаторічний шар стоку.

Виключивши місцеві фактори, величини  $T_0$  і  $Y_0$  можуть бути узагальнені у вигляді карт. Значення коефіцієнта нерівномірності схилового припливу в межах рівнинної території України прийнято на рівні 8,0.

Для розрахунку трансформаційної функції Є.Д. Гопченком [1] обґрунтовані рівняння:

а) при  $t_p < T_0$  :

$$\psi(t_p / T_0) = 1 - \frac{m+1}{(n+1)(n+m+1)} \left( \frac{t_p}{T_0} \right)^n; \quad (17)$$

б) при  $t_p \geq T_0$  :

$$\psi(t_p / T_0) = \frac{n}{n+1} \frac{T_0}{t_p} \left[ \frac{m+1}{m} - \frac{n+1}{m(n+m+1)} \left( \frac{T_0}{t_p} \right)^m \right]; \quad (18)$$

в) при  $t_p/T_o=0$  :

$$\psi(t_p/T_o)=1.0, \quad (19)$$

де  $t_p$  – тривалість руслового добігання;  $m$  – показник степеня у рівнянні кривої ізохрон.

При визначенні величини  $\psi(t_p/T_o)$  тривалість руслового добігання  $t_p$  розраховується за співвідношенням:

$$t_p = L/V_\partial, \quad (20)$$

де  $L$  – гідрографічна довжина водотоку (відстань від найвіддаленішої точки водозбору), км;  $V_\partial$  – швидкість добігання, км/год.

Для визначення швидкості добігання використана формула:

$$V_\partial = a_2 \cdot F^{\alpha_2} \cdot I^{0,33}, \quad (21)$$

де  $a_2$  – швидкісний параметр;  $\alpha_2$  – показник степені у  $F$ ;  $I$  – середньозважений похил річки,‰.

Щоб урахувати вплив на максимальний стік весняного водопілля озер і водосховищ, рекомендується використовувати формулу СНіП 2.01.14-83:

$$r = 1/(1 + Cf'_{oz}), \quad (22)$$

де  $f'_{oz}$  – середньозважена озерність;  $C$  – емпіричний коефіцієнт, який визначається за величиною  $Y_o$ .

Щодо коефіцієнта русло-заплавного регулювання  $\varepsilon_F$ , то його можна визначити за формулою (15), а потім узагальнити залежно від розміру водозборів, оскільки:

$$\varepsilon_F = (q_o/q'_o)/[\psi(t_p/T_o) \cdot r]. \quad (23)$$

Карти прогнозованих максимальних модульних коефіцієнтів та їх забезпеченостей у багаторічному розрізі будуються комп'ютерною програмою за допомогою діалогового вікна програми шляхом автоматичної організації серій ізоліній із заданим кроком при послідовному з'єднанні точок інтерполяції обраної серії, а також засобами *Microsoft Office* в *Excel*.

Для визначення зон та територій, які затоплюються під час весняного розливу річок, потрібен прогноз максимальних рівнів води, що здійснюється для окремих водозборів за кривими витрат води через

прогнозовані величини витрат води. У комп'ютерній програмі для басейну р. Прип'ять передбачений такий прогноз максимальних витрат води весняної повені. Програма також виконує оцінку його відхилення від середнього та найвищого багаторічного значення, рівня виходу води на заплаву, небезпечного та стихійного небезпечного рівня води. Просторовий прогноз максимальних рівнів води можна отримати за допомогою карт зон затоплення територій. При цьому необхідним є хоча б для окремих річок наявність великомасштабних топографічних карт та швидкостей добігання.

Не менш важливою під час здійснення заходів протипаводкового захисту є оцінка термінів проходження весняної повені – дат початку і максимальних витрат (рівнів) води. У практиці гідрологічних прогнозів відомі методи прогнозування дат настання весняних процесів на основі аналізу синоптичних процесів в атмосфері, полів метеорологічних елементів, характеристик баричної топографії [4], але використання їх не завжди можливе у зв'язку з обмеженістю вихідної інформації.

Авторами вперше на прикладі басейну Прип'яті обґрунтовано можливість (у вигляді консультацій) дат початку повені та максимального рівня води на основі встановлених залежностей цих дат від середніх декадних температур повітря, що отримують за метеорологічним прогнозом залежно від географічної широти та площі водозборів.

Консультація щодо дат початку водопілля може бути надана за схемою:

$$D'_e = D_{Sm} + t'_e, \quad (24)$$

де  $D'_e$  – очікувана дата початку весняної повені;  $D_{Sm}$  – дата максимальних запасів води в сніговому покриві;  $t'_e$  – очікувана тривалість від дати  $Sm$  до дати початку водопілля  $D_e$ . Визначається у разі використання метеорологічного прогнозу температури повітря ( $\theta_{Sm}$ ) за наступну декаду після  $D_{Sm}$  (діб), як:

$$t'_e = [2.24(\varphi^0 - 50) + 6.6] - 1.5\theta_{Sm}, \quad (25)$$

де  $\varphi^0$  - географічна широта центрів ваги водозборів ( в частках  $^0$  п. ш.).

Консультацію про дати проходження максимальних витрат води весняного водопілля надають за схемою:

$$D'_{Qm} = D_e + t'_n, \quad (26)$$

де  $D'_{Qm}$  – очікувана дата максимальної витрати води водопілля;  $D_e$  – дата початку весняного водопілля, яку можна отримати на основі прогнозу за формулою (24) або прийняти як фактично спостережену;  $t'_n$  – очікувана тривалість підйому весняного водопілля. Визначається, спираючись на метеопрогноз температури повітря ( $\theta_e$ ) за декаду, наступну після дати початку водопілля  $D_e$  (діб), як:

$$t'_n = [2.76 \lg(F + 1) + 4.92] - 1.5\theta_e. \quad (27)$$

де  $F$  – площі водозборів, км<sup>2</sup>.

Очікувані строки початку повені надаються за програмою автоматично у вигляді карти зміни їх по території. При цьому також надають оцінку відхилення цих дат від середньої, найбільш ранньої та найбільш пізньої дат за багаторічний період.

## Висновки

Запропонований метод просторового довготермінового прогнозування у вигляді автоматичного комплексу дозволяє складати оперативні прогнози максимальних витрат (рівнів) води зимових паводків і весняних повеней, консультацію щодо строків їх проходження, оцінювати ймовірності величини весняного максимуму в багаторічному періоді. Представлення очікуваних величин у вигляді карт їх зміни по території на різні дати прогнозу дозволяє оцінювати розміри повеней для будь-яких, навіть невеликих водозборів, не залежно від наявності гідрологічних спостережень на них.

Кarti ж зон затоплення під час високих водопіль можна отримати за наявності прогнозованих максимальних рівнів води повені, використовуючи топографічні карти місцевості. Такі карти передаються споживачам – міським органам самоврядування, управлінням надзвичайних ситуацій та громадського захисту населення та ін. для оцінювання зон підвищеної небезпеки під час значних повеней.

\* \*

*Предложенный метод пространственных долгосрочных прогнозов в виде автоматизированного компьютерного комплекса даёт возможность прогнозирования в оперативном режиме максимальных расходов (уровней) воды зимних паводков и весеннего половодья, оценку вероятности наступления прогнозируемых величин в многолетнем периоде, консультацию сроков наступления весеннего половодья. Прогноз*

*представляется в виде карт ожидаемых величин максимального стока, выраженных в модульных коэффициентах и их обеспеченностей.*

*\* \**

1. *Гопченко Е.Д., Овчарук В.А.* Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины. – О.: ТЭС, 2002. – 110 с.
2. *Гопченко Е.Д., Шакірзанова Ж.Р., Андреевська Г.М.* Комп'ютерні засоби просторового узагальнення очікуваних характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок (на прикладі басейну Десни) // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. Міжвід. наук. зб. України. – К.: КНТ, 2005. – Вип. 49. – С. 406-413.
3. Клімат України. За ред. *В.М. Лінінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко.* – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
4. *Borsch S., Fedorova S.* Long-term forecasts of dates of spring flood initial and maximum water levels passage in the Dnepr catchment on the territory of Russia and Belarus for improved flood management planning/ NATO Advanced research Workshop Preprints / Transboundary Floods / Treira S. R. L., Oradea, Romania, May 4-8, 2005. – P. 149-166.

*Одеський державний екологічний університет  
Одеський національний морський університет*