

О.І.Лук'янець

ДОВГОТЕРМІНОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЕСНЯНОГО СТОКУ З ГІРСЬКОГО ВОДОЗБОРУ В ПРОСТОРОВОМУ ПОДАННІ

На прикладі верхів'їв басейнів річок Прут і Сірет висвітлена технологія просторового довготермінового прогнозування характеристик весняного стоку з будь-якою водозбору, незалежно від наявності спостережень за стоком.

Суть питання

Істотному підвищенню рівня інформативної здатності служби гідрологічного оповіщення значною мірою сприяє запровадження в оперативну діяльність басейнових прогностичних систем. При цьому створюється можливість деталізувати прогнозну продукцію шляхом подання її в просторовому вигляді [2, 3, 7], між іншим і для водозборів, не вивчених у гідрологічному відношенні. У цій роботі викладено технологічне рішення, спрямоване на подальше використання басейнових систем довготермінового прогнозування весняного стоку з метою підвищення їх практичної цінності.

Методичні засади

Довготермінове прогнозування весняного стоку (шарів/об'ємів і максимальних витрат) ґрунтується на використанні математичної моделі SLOJ-3D [3, 5, 7], у структурі якої задіяні процеси, що відбуваються на поверхні водозбору протягом зимового та весняного сезонів. На території гірських водозборів усі ці процеси моделюються по висотних зонах, оскільки вони відбуваються тут з різною інтенсивністю, обумовленою просторовою неоднорідністю снігового покриву, опадів і температурного режиму. При цьому враховуються також ступінь залісеності водозборів та експозиція місцевості [1-4].

Прогнозування шару весняного стоку з виділених часткових площ басейну здійснюється шляхом воднобалансового рішення, де враховуються: запаси води у снігові, випаровування, затримка води на поверхні водозбору, поповнення вологи у ґрунті або ж скидання надлишку води із діяльного шару ґрунту, а також базисний стік.

У загальному вигляді це рішення можна подати так (мм):

$$h = S + P_b - E_b - h_v + h_o \pm h_{dw}, \quad (1)$$

де h - шар весняного стоку;

S - запаси води у снігові перед початком сніготанення або на термін складання прогнозу;

P_b - опади за період від терміну складання прогнозу до закінчення повені;

E_b - випаровування за той же період;

h_v - шар затримання талої та дощової води на поверхні водозбору;

h_o - базисний стік за період повені;

h_{dw} - поповнення запасів вологи в ґрунті або ж скидання надлишку води у вигляді стоку із діяльного шару ґрунту (внаслідок його перенасичення).

На гірських водозборах рішення за схемою (1) здійснюються не лише по часткових площах, але й для кожної висотної зони зокрема.

Довготермінове прогнозування весняного стоку діє як складова (підсистема) прогностичного комплексу ПРУТ-1 [3]. Визначення просторових об'єктів (часткових площ і висотних зон) здійснено у цій системі згідно з рекомендаціями, викладеними в [6].

Математична модель SLOJ-3D працює у комплексі з іншими прогностичними методиками, внаслідок чого споживачеві видається наступна продукція: шари й об'єми стоку, максимальні витрати/рівні води в заданих річкових створах. Ця модель - багатоваріантна відносно обсягу вхідної інформації.

На період завчасності прогнозу (20-40 діб) визначається ймовірний перебіг весняних процесів шляхом подання кліматичних параметрів для 4-х можливих синоптичних ситуацій під час сніготанення [3, 5, 7].

У результаті система ПРУТ-1 видає прогнозовані характеристики весняного стоку для 10 створів на річках Прут і Сірет, а також шари стоку по 5 висотних зонах у кожному із 5 часткових басейнів території, що розглядається (табл.1).

Таблиця 1

Оцінки шару весняного стоку з висотних зон за 40-денний період 1988 р.

Часткові басейни	Шари стоку (мм) з висотних зон				
	<400 м	400-600 м	600-800 м	800-1000 м	>1000 м
Сірет	25-31	45-56	81-99	109-133	131-161
Прут до Коломиї	47-58	33-41	75-92	117-143	132-161
Білий Черемош	28-35	49-60	84-103	102-125	138-168
Чорний Черемош	31-38	40-49	57-70	105-128	140-171
Пониззя Пруту	27-33	53-65	53-65	-	-

Отримані прогнознi дані можуть бути використані у подальшому для оцінювання об'ємів стоку та максимальних витрат води із невивчених водозборів.

Оцінювання об'ємів весняного стоку води з будь-яких водозборів не викликає труднощів за наявності відомостей про їх висотне положення, площу та шари стоку, отримані шляхом моделювання (як, наприклад, у табл.1).

Щоб оцінити максимальні витрати води, потрібно мати уявлення про форму повеневої хвилі (гідрографа). З цією метою досліджена можливість визначити вплив ландшафтних характеристик на залежність максимальних витрат води Q_m від шару h весняного стоку - $Q_m = f(h)$. Остання, як відомо [1, 4], подається через параметр k_Q , який характеризує форму хвилі повені в тому чи іншому створі:

$$Q_m = K_Q \cdot h. \quad (2)$$

Враховуючи те, що значення максимальної витрати, а звідси й параметра k_Q , залежить від інтенсивності перебігу весняних процесів, слід надати цьому параметру ймовірностної оцінки. Тоді

$$Q_m(P) = K_Q(P) \cdot h, \quad (3)$$

де P – ймовірність перевищення в %.

Якщо не враховувати мінливість погодних умов під час сніготанення у багаторічному розрізі, то параметр K_Q , визначений за середньою в кореляційному полі кривою зв'язку $Q_m = f(h)$, характеризує форму хвилі повені за звичайних для цієї місцевості умов дружності весняних процесів (тобто, за ймовірності перевищення $P=50\%$). На основі

дослідження перебігу стоку води на річках басейнів Тиси, Пруту та Дністра за різних погодних умов під час сніготанення виявлена досить чітка залежність параметра K_Q ($P=50\%$) від площі та ширини водозбору, а також його висотного положення. Ця залежність описується наступною системою рівнянь:

$$K_Q (P=50\%) = \begin{cases} 0.10 F/100 + 0.07B - DK, & 0.10 F/100 + 0.07B - DK \geq 0.015, \\ 0.015, & 0.10 F/100 + 0.07B - DK < 0.015. \end{cases} \quad (4)$$

$$DK = \begin{cases} 0.00, & H < 250 \text{ м}, \\ 0.08H/100 - 0.20, & 250 < H < 800 \text{ м}, \\ 0.44, & H > 800 \text{ м}. \end{cases}$$

Тут h – шар весняного стоку, мм; F – площа водозбору, км²; B – середня ширина водозбору, км; H – середня висота водозбору, м абс.

Як видно із системи рівнянь (4), значення параметра K_Q зменшується зі зростанням висоти місцевості внаслідок того, що процеси сніготанення відбуваються у високогір'ї менш інтенсивно.

Оскільки при довготерміновому прогнозуванні характеристик повеневого стоку погодна ситуація на період завчасності прогнозу практично невідома, доцільно подавати передбачувані максимальні витрати води у певному довірчому інтервалі з визначеною ймовірністю.

При вирішенні нашого завдання встановлено три довірчі інтервали для оцінювання витрат води з надійністю 50, 60 і 70% у створах водозборів, де відсутні спостереження за стоком. Таким чином, довірчі межі цих інтервалів визначаються наступними ймовірностями перевищення: 25 і 75%, 20 і 80% та 15 і 85%. Тобто, надійність (ймовірність) того, що дійсне значення витрати води, передбачене прогностичною системою, не вийде за встановлені довірчі межі, дорівнює 50, 60 і 70%.

Отже, потрібно встановити параметри K_Q для діапазонів коливання витрат води потрібних ймовірностей перевищення відносно ймовірності $P=50\%$. Виходячи із варіювання витрат води з досліджуваних водозборів басейнів Пруту та Сірету параметри K_Q визначають наступним чином:

$$K_Q(P_i) = \eta_i \cdot K_Q(P=50\%), \quad (5)$$

де P_i – ймовірність перевищення,

η_i – коефіцієнти переходу параметра K_Q від ймовірності перевищення $P=50\%$ до потрібної ймовірності P_i (табл.2).

Таблиця 2

Значення перехідних коефіцієнтів η_i для оцінювання параметрів K_Q згідно з виразом (5)

Ймовірність перевищення $P_i, \%$	15	20	25	50	75	80	85
Значення коефіцієнта η_i	1,40	1,32	1,25	1,00	0,78	0,74	0,68

Коефіцієнти η_i - це приведені до η ($P=50\%$) значення ординат біноміальної кривої ймовірності перевищення за показників варіації $C_v=0.35$ та асиметричності $C_s=0.70$, отриманих шляхом співставлення з емпіричними даними. При цьому значення параметру $K_Q(P=50\%)$ оцінюються за поданими вище рівняннями (4).

Опрацювання методики оцінювання шарів весняного стоку, максимальних витрат води та визначення параметрів розрахункових виразів (4) і (5) виконано за багаторічними даними не тільки з басейнів Пруту та Сірету, а також із залученням матеріалів з басейнів Тиси та Дністра.

У таблиці 3 подані приклади прогнозування максимальних витрат води у ймовірнісному поданні.

Таблиця 3

Приклади прогнозування максимальних витрат води

Витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$) за ймовірності		
50%	60%	70%
$F=150 \text{ км}^2, B=8,5 \text{ км}^2, H=740 \text{ м}, h=110 \text{ мм}$		
30-48	29-51	26-54
$F=350 \text{ км}^2, B=22,0 \text{ км}^2, H=950 \text{ м}, h=110 \text{ мм}$		
124-199	118-210	109-223

Висновки

Задіяння прогностичної системи ПРУТ-1 дозволяє оцінювати із завчасністю 20-30 діб характеристики весняного стоку (шарів/об'ємів максимальних витрат води) в басейнах Пруту та Сірету в наступних поданнях:

- у створах існуючих гідрологічних постів,

- з будь-яких водозборів, де відсутні спостереження за стоком води, з урахуванням ландшафтних особливостей його формування.

Таким чином забезпечується детальне просторове висвітлення передбачуваних оцінок весняного стоку в гірській і передгірній зонах цих річкових басейнів, що підвищує інформативну здатність прогностичної системи. Доцільно застосувати аналогічну технологію просторового прогнозування характеристик весняного стоку й на інших гірських територіях.

Програмний комплекс, за допомогою якого реалізується система ПРУТ-1, дає змогу уточнити прогнозовані значення величин весняного стоку в разі зміни гідрометеорологічної обстановки – звичайно з меншою завчасністю.

* *

На прикладі верхов'єв басейнів рек Прута и Серета показана технологія просторового довгосрочного прогнозування характеристик стока з будь-якого водозбору, незалежно від наявності спостережень за стоком.

* *

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 420 с.
2. Лук'янець О.І. Науково-методичні рішення та технологія функціонування інформаційно-прогностичної системи в басейні Тиси // Наук. праці УкрНДГМІ. -2000. - Вип.248. - С.100-107.
3. Лук'янець О.І. Структурні складові системи прогнозування стоку в басейнах Пруту та Сірету // Наук. праці УкрНДГМІ. -2001. - Вип.249.- С.138-146.
4. Попов Е.Г. Вопросы теории и практики прогнозов речного стока. – М.: Гидрометеиздат, 1963. – 295 с.
5. Соседко М.Н. Пример имитационной системы формування стока в речном бассейне // Тр.УкрНИИ Госкомгидромета. -1987. -Вип.222. -С.61-69.
6. Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Визначення оптимальної просторової деталізації гірських водозборів стосовно математичного моделювання стоку води // Наук. праці УкрНДГМІ. -2000. -Вип.248. -С.108-115.
7. Luk'yanets O. Langfristige Frühjahrsabflußvorhersagen aus Gebirgs-einzugsgebieten in räumlicher Vorstellung. XXI.Konferenz der Donauländer, Bucharest (Rumänien), 2002. – Kompakt-Diskus; Kurzfassungen, S.25.