

УДК 556.114

Лук'янець О.І., Шипілова А.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ТА ПРОГНОЗ ВЕСНЯНОГО ПРИПЛИВУ ВОДИ ДО КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Ключові слова: *Канівське водосховище; весняний стік; методика прогнозу; приплив води до водосховища; руслові запаси води; завчасність прогнозу*

Вступ. Гідрологічні прогнози є важливою ланкою прикладної гідрології, що вирішує питання використання водних ресурсів. Максимальний економічний ефект використання водосховищ залежить від завчасності і точності прогнозу припливу води до них [2]. Особливо важливим для потреб споживачів є прогнозна деталізація в часі припливу води до водосховища для регулювання режиму його наповнення і скиду води з нього під час весняного водопілля [1, 5]. Тому доповнення та уточнення методик прогнозування, що використовуються в гідрологічній практиці, для покращення їх справджуваності та якості є актуальним завданням.

Постановка завдання. Питанням розробки методики прогнозів незарегульованого декадного і місячного весняного припливу води до Канівського водосховища займалася Л.Т. Пашова (розробка 1988 р.) [3]. В її методичних напрацюваннях проведено дослідження та виявлення взаємозв'язків між характеристиками припливу води до водосховища за період 1945-1980 рр., на основі аналізу яких розроблено методики його прогнозу.

Для виявлення застосовності в сучасний період методики прогнозів декадного весняного припливу води до Канівського водосховища Л.Т. Пашової з завчасністю 10 та 16 діб та обґрунтування можливого її уточнення проведено статистичний аналіз багаторічної мінливості декадного весняного припливу до Канівського водосховища та перевірочні прогнози з оцінкою якості методики прогнозування за період 1981-2014 рр. у порівнянні з попереднім – 1945-1980 рр. На основі аналізу отриманих результатів, похибок прогнозування зроблено уточнення прогностичних рівнянь та показано покращення показників справджуваності прогнозів та ймовірності неперевищення їх допустимих похибок.

Вихідні передумови та методика дослідження. Приплив води до Канівського водосховища визначається водністю річки Десна. Найближчий до водосховища гідрологічний пост, який знаходиться на річці, розташований біля м. Чернігів. Визначено, що добігання води на ділянці Чернігів–Канівське водосховище різне в залежності від водності навесні: при витраті води менше 1500 м³/с час добігання буде складати 5 діб, при витраті води від 1500 до 2500 м³/с – 3 доби, при витраті води більше 2500 м³/с – всього 2 доби.

При зсуві на 5 діб приплив води у Канівське водосховище за першу декаду місяця відповідає стоку води р. Десни у м. Чернігові за період з 26 числа попереднього місяця по 5 число поточного; за другу декаду – стоку води за період 6-15 числа; за третю – стоку води за період 16-25 числа.

При зсуві на 3 доби приплив води у Канівське водосховище відповідно: перша декада місяця - 28-7 числа; друга декада - 8-17 числа; третя декада-18-27 числа.

При зсуві на 2 доби: 1 декада – 29-8 числа; 2 декада – 9-18 числа; 3 декада – 19-28 числа [3].

В основу прогнозів середнього стоку води за період τ (декада, місяць) покладено наближене рівняння водного балансу ділянки річки, що обмежена нижнім (прогнозним) створом і верхніми створами, час добігання від яких до нижнього, дорівнює τ [4]. Тоді водно-балансове співвідношення ділянки річки можна представити шляхом встановлення наступного зв'язку при умові, що підземна складова мало змінюється з року в рік:

$$\bar{Q}_{H(t+\tau)} = f(W_t), \quad (1)$$

де $\bar{Q}_{H(t+\tau)}$ – середні витрати води у нижньому створі за період $(t + \tau)$; t – дата випуску прогнозу; W_t – запас (об'єм) води в річковій мережі на ділянці річки у момент випуску прогнозу [2].

У методиці Л.Т. Пашової для прогнозування весняного припливу води до Канівського водосховища із завчасністю 10 та 16 діб відповідно для $\bar{Q}_{H(t+10)}$ та $\bar{Q}_{H(t+16)}$ запропоновано наступні зв'язки:

$$\bar{Q}_{H(t+10)} = 0,105 \cdot (W_{1,t} + W_{2,t}), \quad (2)$$

$$\bar{Q}_{H(t+16)} = 0,245 \cdot W_{2,t} + 90. \quad (3)$$

де W_1 та W_2 – запаси води (m^3) в русловій мережі басейну, для визначення яких використовуються витрати води $Q_{i,t}$ з гідрологічних постів в басейні р. Десна, які спостерігаються в час t (в дату випуску прогнозу):

$$W_{1,t} = 1,56 + 3,44 \cdot Q_{3,t} + 1,56 \cdot Q_{5,t}, \quad (4)$$

$$W_{2,t} = 0,62 \cdot Q_{1,t} + 3,44 \cdot Q_{2,t} + 0,94 \cdot Q_{3,t} + 0,82 \cdot Q_{4,t} + 3,24 \cdot Q_{5,t}. \quad (5)$$

В рівняннях (4 -5) витрати води (m^3/c): Q_1 – р. Десна - м. Брянськ, Q_2 – р. Десна - с. Розльоти, Q_3 – р. Десна - м. Чернігів, Q_4 – р. Сейм - м. Рильськ, Q_5 – р. Сейм - с. Мутин.

Отримані результати. Проведений аналіз багаторічної мінливості декадного припливу до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр., у порівнянні з попереднім 1945-1980 рр. показав, що загальний весняний приплив води до Канівського водосховища (березень, квітень, травень та червень) зменшився лише на 6%, але відбувся значний декадний перерозподіл припливу [6]. Гідрограф середнього декадного стоку води став більш розпластаним, зникли чітко виражені піки, які були характерні в період 1945-1980 рр. (рис.1)

В сучасний період приплив води до Канівського водосховища збільшився в березневі та червневі декади відповідно на 55-70% та 30-40%. В період декад квітня та травня приплив зменшився на 25-35%, порівнюючи два періоди.

Максимум декадного припливу води за період 1945-1980 рр. приходився на третю декаду квітня, за період 1981-2014 рр. спостерігається тенденція його зміщення на першу декаду травня (рис.1).

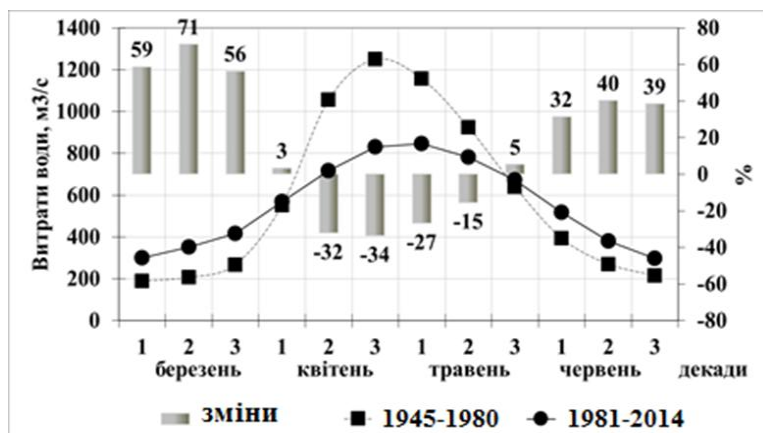


Рис. 1 Порівняння середніх декадних значень весняного припливу води до Канівського водосховища за періоди 1945-80 рр. та 1981-2014 рр.

Багаторічна мінливість середнього декадного весняного припливу води до Канівського водосховища значно зменшилась в період 1981-2014 рр. (коефіцієнти варіації $C_v = 0,35'0,46$) в порівнянні з періодом 1945-1980 рр., де амплітуда зміни C_v досягала $0,34'0,92$ [7].

Найбільший декадний приплив води до Канівського водосховища за весь досліджуваний період був зафіксований у третій декаді квітня 1970 р. і становив $6363 \text{ м}^3/\text{с}$. За період 1981-2014 рр. такий найбільший декадний приплив був всього $2040 \text{ м}^3/\text{с}$ у першій декаді травня 1994 р.

Використовуючи вищезазначені умови (формули 2-5), зібрано необхідні вихідні дані для проведення за сучасний період перевірочних прогнозів припливу води до Канівського водосховища в період весняного водопілля із завчасністю 10 ($\bar{Q}_{H(t+10)}$) та 16 діб ($\bar{Q}_{H(t+16)}$) за методикою Л.Т. Пашової: витрати води $Q_{i,t}$ з гідрологічних постів в басейні Десни на момент складання прогнозу, розраховано на час t руслові запаси в руслової мережі $W_{1,t}$ та $W_{2,t}$.

За розрахованими допустимими похибками прогнозування δ_Q ($\text{м}^3/\text{с}$) проведено оцінку якості прогностичної методики за показниками відносної міри середньої квадратичної похибки S_Q / σ_Q та ймовірності неперевищення допустимої похибки P (%). Узагальнені результати оцінки прогнозів весняного декадного припливу води до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр. із завчасністю 10 та 16 діб за методикою Л.Т. Пашової подано у таблицях 1 та 2.

Детальний аналіз похибок більш ніж 170 перевірочних прогнозів, як різницю між фактичними та прогнозованими значеннями, що були проведені за методикою Л.Т. Пашової, показав, що вони розподілені нерівномірно і зміщені у бік переважання додатних (для прогнозів з завчасністю 10 діб) або від'ємних (для прогнозів з завчасністю 16 діб) значень. Тобто, прогноз весняного декадного припливу води до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр. за методикою Пашової Л.Т. із завчасністю 10 діб, були майже постійно заниженими, а із завчасністю 16 діб – завищеними. Саме це було підставою для уточнення методики прогнозування.

Таблиця 1. Узагальнені результати оцінки прогнозів весняного декадного припливу води до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр. із завчасністю 10 діб за методикою Пашової Л.Т.

Дата складання прогнозу	Дата, на яку складається прогноз	$\delta_Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Показники якості методики		
			$S_Q, \text{ м}^3/\text{с}$	S_Q / σ_Q	$P, \%$
10.Бер	III ₂	107	79,22	0,50	72,2
14.Бер	16-25 III	119	91,93	0,52	77,8
25.Бер	26 III-5 IV	130	87,79	0,45	94,4
31.Бер	IV ₁	135	47,79	0,24	100,0
04.Кві	6-15 IV	137	74,25	0,36	94,4
10.Кві	IV ₂	139	87,11	0,42	94,4
14.Кві	16-25 IV	172	87,77	0,34	94,4
20.Кві	IV ₃	205	89,01	0,29	94,4
25.Кві	26 IV-5 V	209	92,37	0,30	94,4
30.Кві	V ₁	212	110,26	0,35	88,9

Таблиця 2. Узагальнені результати оцінки прогнозів весняного декадного припливу води до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр. із завчасністю 16 діб за методикою Пашової Л.Т.

Дата складання прогнозу	Дата, на яку складається прогноз	$\delta_Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Показники якості методики		
			$S_Q, \text{ м}^3/\text{с}$	S_Q / σ_Q	$P, \%$
10.Бер	16-25 III	119	83,9	0,48	83,3
14.Бер	III ₃	130	95,75	0,50	83,3
20.Бер	26 III-5 IV	133	105,90	0,54	83,3
25.Бер	IV ₁	135	117,59	0,59	77,8
31.Бер	6-15 IV	137	121,95	0,60	77,8
04.Кві	IV ₂	139	106,53	0,52	88,9
10.Кві	16-25 IV	172	122,03	0,48	83,3
14.Кві	IV ₃	205	149,18	0,49	83,3
20.Кві	26 IV-5 V	209	173,48	0,56	88,9
25.Кві	V ₁	212	195,63	0,62	83,3

Для уточнення методики прогнозування Л.Т. Пашової в запропоновані нею прогнозні залежності весняного декадного приливу води до Канівського водосховища від запасів води в руслової мережі додано відповідні дані за період 1981-2014 рр. із завчасністю 10 (рис. 2 а) та 16 діб (рис. 2 б).

Уточнені прогнозні залежності між весняним декадним приливом води до Канівського водосховища $\bar{Q}_{H(t+\tau)}$ та запасами води в руслової мережі $W_{i,t}$ мають високі коефіцієнти кореляції зв'язку – для залежності з завчасністю 10 діб – $r = 0.96$, для залежності з завчасністю 16 діб – $r = 0.92$ та виражаються наступними рівняннями:

із завчасністю 10 діб

$$\bar{Q}_{H(t+10)} = 0,102 \cdot (W_{1,t} + W_{2,t}) + 61,2 \quad (6)$$

із завчасністю 16 діб

$$\bar{Q}_{H(t+16)} = 0,19 \cdot W_{2,t} + 132 . \quad (7)$$

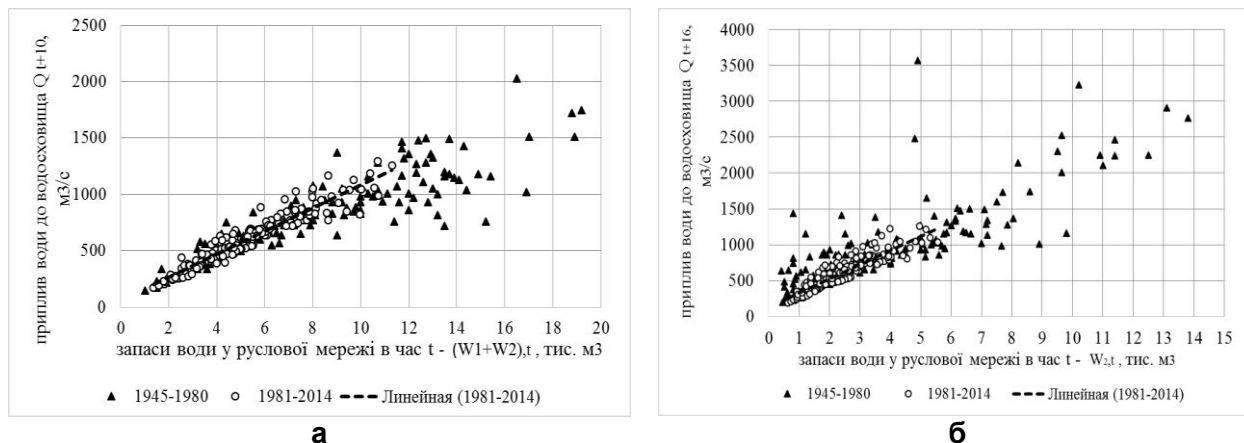


Рис. 2 Залежність весняного декадного припливу води до Канівського водосховища від запасів води в русловій мережі із завчасністю 10 (а) та 16 (б) діб за період 1945-2014 рр.

Перевірочні прогнози весняного декадного припливу води до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр. з завчасністю 10 та 16 діб за уточненими рівняннями зв'язку, з огляду на показники якості запропонованих прогнозних залежностей S_Q / σ_Q та P , свідчать про те, що справджуваність прогнозів покращилася (табл. 3 та 4).

Таблиця 3. Узагальнені результати оцінки прогнозів весняного декадного припливу води до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр. із завчасністю 10 діб за уточненою методикою

Дата складання прогнозу	Дата, на яку складається прогноз	$\delta_Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Показники якості методики		
			$S_Q, \text{ м}^3/\text{с}$	S_Q / σ_Q	$P, \%$
10.Бер	III ₂	107	53,6	0,30	88,9
14.Бер	16-25 III	119	66,30	0,34	83,3
25.Бер	26 III-5 IV	130	69,50	0,35	94,4
31.Бер	IV ₁	135	57,70	0,29	100,0
04.Кві	6-15 IV	137	48,90	0,24	100,0
10.Кві	IV ₂	139	63,00	0,31	100,0
14.Кві	16-25 IV	172	71,50	0,28	100,0
20.Кві	IV ₃	205	76,80	0,25	100,0
25.Кві	26 IV-5 V	209	86,00	0,28	94,4
30.Кві	V ₁	212	101,50	0,32	94,4

Таблиця 4. Узагальнені результати оцінки прогнозів весняного декадного припливу води до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр. із завчасністю 16 діб за уточненою методикою

Дата складання прогнозу	Дата, на яку складається прогноз	δ_Q , м ³ /с	Показники якості методики		
			S_Q , м ³ /с	S_Q / σ_Q	P , %
10.Бер	16-25 III	119	81,2	0,46	88,9
14.Бер	III ₃	130	89,8	0,47	83,3
20.Бер	26 III-5 IV	133	95,1	0,48	88,9
25.Бер	IV ₁	135	86,8	0,43	94,4
31.Бер	6-15 IV	137	84,2	0,41	88,9
04.Кві	IV ₂	139	81,5	0,40	94,4
10.Кві	16-25 IV	172	101,5	0,40	88,9
14.Кві	IV ₃	205	99,4	0,33	94,4
20.Кві	26 IV-5 V	209	102,5	0,33	100,0
25.Кві	V ₁	212	113,3	0,36	88,9

Висновки. В сучасний період спостерігається значний перерозподіл стоку у весняний сезон, розпластування гідрографа припливу води до Канівського водосховища, часове зміщення максимального припливу.

Перевірка методики весняного декадного приливу води до Канівського водосховища із завчасністю 10 та 16 діб, яка розроблена Л.Т. Пашової у 1988 р., за даними періоду 1981-2014 рр. показала, що прогнози із завчасністю 10 діб були майже постійно заниженими, а із завчасністю 16 діб – завищеними. Враховуючи виявлені багаторічні зміни у декадному весняному припливі води та проведений аналіз перевірочних прогнозів за методикою Л.Т.Пашової, доведена необхідність її уточнення.

Перевірочні прогнози за уточненими рівняннями із завчасністю 10 та 16 діб, з огляду на показники якості прогностичної методики – відносної міри середньої квадратичної похибки S_Q / σ_Q та ймовірності неперевищення допустимої похибки P , свідчать про те, що справджуваність прогнозів покращилася і розподіл похибок прогнозування, як різниця між фактичними та прогнозованими значеннями, став рівномірним.

Уточнені залежності весняного декадного приливу води до Канівського водосховища від запасів води в руслової мережі із завчасністю 10 та 16 діб можуть бути рекомендовані до використання в оперативній діяльності гідрологічного прогнозування в Українському Гідрометцентрі (УкрГМЦ).

Список літератури

1. *Бефани Н.Ф.* Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / Н. Ф. Бефани, Г. П. Калинин – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – С. 7-18, 59-94
2. *Георгиевский Ю. М.* Гидрологические прогнозы / Ю. М. Георгиевский, С. В. Шаночкин – СПб.: РГГМУ, 2007. – С. 23-30, 89-104, 316-327.
3. *Пашова Л. Т.* Методические указания по составлению прогнозов незарегулированного декадного и месячного притока воды в Каневское водохранилище в период половодья с заблаговременностью равной 10-35 суток / Л.Т. Пашова – К: УкрНИГМИ, 1988. – 85 с.
4. *Попов Е. Г.* Гидрологические прогнозы / Е. Г. Попов – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – С.7-9.
5. *Руководство по гидрологическим прогнозам.* – Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 33-39.
6. *Чорноморець Ю. О.*

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.4(39)

Просторово-часова характеристика основних чинників формування весняного водопілля в басейні річки Десна / Ю. О. Чорноморець, О. І. Лук'янець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.1(32). – 41-47 с. 7. Шипілова А. В. Багаторічна динаміка декадного припливу води весняного водопілля до Канівського водосховища / А. В. Шипілова // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Шевченківська весна - 2015": Географія» – 2015. – с.92-94.

Багаторічна динаміка та прогноз весняного припливу води до Канівського водосховища

Лук'янець О.І., Шипілова А.В.

Робота присвячена дослідженню багаторічних змін та мінливості декадного припливу води до Канівського водосховища у період весняного водопілля, оцінці за даними періоду 1981-2014 рр. методики прогнозування цього припливу, яка розроблена Л. Т. Пашової у 1988 р., із завчасністю 10 та 16 діб та її уточненню.

Ключові слова: Канівське водосховище; весняний стік; методика прогнозу; приплив води до водосховища; руслові запаси води; завчасність прогнозу.

Многолетняя динамика и прогноз весеннего притока воды к Каневскому водохранилищу

Лукьянец О.И., Шипилова А.В.

Робота посвящена исследованию многолетних изменений и изменчивости декадного притока воды к Каневского водохранилища в период весеннего половодья, оценке по данным периода 1981-2014 гг. методики прогнозирования этого притока, разработанная Л. Т. Пашовой в 1988 г., с заблаговременностью 10 и 16 суток и ее уточнению.

Ключевые слова: Каневское водохранилище; весенний сток; методика прогноза; приток воды в водохранилище; русловые запасы воды; заблаговременность прогноза.

Long-term dynamic of Kanev reservoir inflow on spring flood period and update method of inflow forecast

Lukianets O.I., Shypilova A.V.

The work is devoted to research of long-term changes and features of water inflow to Kyiv reservoir during spring flood, evaluation and clarification Pashova's forecast method (1988) of water inflow in the period 1981-2014. Forecast times of method are 10 and 16 days.

Keywords: Kaniv reservoir; spring drain; forecast method; water inflow to reservoir; riverbed water supply; forecast times.

Надійшла до редколегії 16.11.2015