

The hydrological indices dynamics of Molochnyi Liman(a hydrological reserve of state-wide importance)

Vorovka V., Demchenko V., Vinokurova S.

Based on long-term observations and researches, this article presents the analysis of the hydrological indices dynamics of Molochnyi Estuary (a hydrological reserve of state-wide importance). The article also includes data obtained by remote sensing. The hydrological indices include the water volume, the area and the salinity.

Keywords: climate changes, area of water, river mouth, hydrological characteristics, hydrological reserve.

Надійшла до редколегії 23.01.2015

УДК 556.166

Кічук Н.С.

Одеський державний екологічний університет

ТРИВАЛІСТЬ СХИЛОВОГО ПРИПЛИВУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ РІДКІСНОЇ ЙМОВІРНОСТІ ПЕРЕВИЩЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Ключові слова: дощові паводки, тривалість схилового припливу, нормування характеристик максимального стоку.

Вступ. Тривалість припливу води зі схилів у руслову мережу є однією з основних характеристик паводків і водопіль. У двооператорній схемі трансформації водоутворення в русловий гідрограф тривалість схилового припливу T_0 , за інших однакових умов, визначає, насамперед, ступінь зарегулювання стоку на схилах.

Визначення основних параметрів схилового стоку - тривалості припливу, коефіцієнтів його часової нерівномірності, мають певні проблеми через відсутність експериментальних даних. Безпосередньо характеристики схилового стоку можна отримати за даними воднобалансових станцій, але вони мають дуже рідкісну мережу розташування.

Відсутність систематичних спостережень за схиловим припливом на мережі гідрологічних станцій і постів значною мірою зумовила емпіричний шлях у дослідженні максимального стоку паводків і водопіль.

Удосконалення науково-методичної бази можливе із застосуванням обернених задач відносно пошукових параметрів, у тому числі й тих, що відносяться до трансформаційного блоку «схиловий приплив - русловий стік».

Аналіз існуючої в Україні нормативної бази для розрахунку характеристик максимального стоку річок. Чинний в Україні нормативний документ з розрахунку характеристик максимального стоку дощових паводків річок СНіП 2.01.14-83 [1] ґрунтується на формулах редуційного типу і граничної інтенсивності.

Так, при площі $F > 200 \text{ км}^2$ рекомендується користуватися формулою редуційного виду

$$Q_p = q_p F = \frac{q_{200}}{(F/200)^{n_1}} \lambda_p \delta \delta_2 \delta_3, \quad (1)$$

де Q_p – розрахункова максимальна миттєва витрата води дощових паводків заданої щорічної ймовірності перевищення $P \%$, $\text{м}^3/\text{с}$; q_p – максимальний модуль паводкового стоку щорічної ймовірності перевищення $P \%$, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$; F – площа

водозборів, км^2 ; q_{200} – модуль максимальної миттєвої витрати води щорічної ймовірності перевищення $P=1\%$, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, приведений до умовної площі водозбору, що дорівнює 200 км^2 ; λ_P – коефіцієнт забезпеченості; $\delta, \delta_2, \delta_3$ – редуційні коефіцієнти для врахування впливу залісеності, заболоченості та водойм проточного типу на максимальні витрати води.

Максимальні миттєві витрати води дощових паводків річок Q_P ($\text{м}^3/\text{с}$) для водозборів із площами, меншими за 200 км^2 , визначаються за формулою граничної інтенсивності:

$$Q_P = A_{1\%} \eta H_{1\%} \delta \lambda_P F, \quad (2)$$

де $A_{1\%} = 16,67 \overline{\psi}(\tau)$ – максимальний модуль стоку щорічної ймовірності перевищення $P = 1\%$, виражений у частках добутку $\eta H_{1\%}$; $H_{1\%}$ – максимальний добовий шар опадів ймовірністю перевищення $P=1\%$, мм; η – збірний коефіцієнт стоку; δ – коефіцієнт впливу на трансформацію паводків водойм проточного типу.

При всій зовнішній логічності методик визначення максимального стоку за формулами (1) і (2) у сучасній літературі вони зустрічають серйозну критику, особливо стосовно відсутності в них чіткої теоретичної бази [2,3]. У даному нормативі не прийнята єдина структура формул для визначення максимальних витрат весняного водопілля й дощових паводків. До того ж, при розрахунках дощових паводків, рекомендуються дві різні за структурою розрахункові схеми – стосовно до водозборів із площею більшою й меншою за 200 км^2 . Прийняття еталонної площі 200 км^2 аргументується умовністю екстраполяції кривих просторової редуції в області $F < 200 \text{ км}^2$, а, отже, – і помилками при оцінюванні елементарних модулів $q'_{1\%}$.

Але головні недоліки СНіП 2.01.14-83 [1] стосуються не лише структурних побудов, а й того, що розрахункові параметри (максимальні модулі та добові опади) представлені відповідними картами без належного методичного обґрунтування.

Опора тільки на стокову інформацію, до того ж, не дає можливості надійно обґрунтувати розрахункові характеристики паводків на річках Півдня України, де в межах Причорноморської низовини фактично відсутня стаціонарна гідрологічна мережа не тільки на малих, але й на середніх за розмірами водозборах.

Викладене є підставою для висновку про актуальність розробки нових науково-методичних підходів до нормування характеристик максимального стоку, що дозволяють урахувати основні фактори його формування, а також спираються не тільки на стокову, а й на метеорологічну інформацію.

Методика, що пропонується у статті для визначення розрахункової тривалості схилового припливу підчас дощових паводків.

Виходячи з [1], за вихідну модель приймається залежність, яка описується рівнянням (3)

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n_1}}, \quad (3)$$

де Y_m – максимальний шар стоку за паводок; k_0 – коефіцієнт схилової трансформації, який дорівнює

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}, \quad (4)$$

де $\frac{n+1}{n}$ – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу; T_0 - тривалість схилового припливу.

Для визначення тривалості схилового припливу в структурі (3) доцільно її переписати у дещо іншій редакції, а саме

$$q_m/Y_m = k_0/(F+1)^{n_1} \quad (5)$$

Після логарифмування (5) маємо

$$\lg q_m/Y_m = \lg k_0 - n_1 \lg(F+1) \quad (6)$$

За вихідними даними по q_m , Y_m та F будується залежність $\lg q_m/Y_m = f \lg(F+1)$. В ній тангенс кута нахилу є n_1 , а відрізок на осі ординат (за умови $F=0$), відповідно – k_0 . Як видно з (4), до складових k_0 відносять середньорегіональні характеристики $\frac{n+1}{n}$ і T_0 . Таким чином, для того чи іншого регіону можна визначити тривалість припливу T_0 , оскільки

$$T_0 = k_p \frac{n+1}{n} / k_0, \quad (7)$$

де k_p - коефіцієнт розмірності.

Індивідуальні величини T_0 для кожного водозбору визначаються аналогічним шляхом, тобто виходячи з (7), але при значеннях k_0 , розрахованих для окремих об'єктів за залежністю

$$T_0 = k_p \frac{n+1}{n} \cdot \frac{Y_m}{q_m} / (F+1)^{n_1} \quad (8)$$

Питання про коефіцієнти нерівномірності припливу води зі схилів у руслову мережу $(n+1)/n$ має як науковий, так і практичний інтерес. За своєю сутністю він є відношенням

$$(n+1)/n = Q'_m \cdot T_0 / (Y_m \cdot F) \quad (9)$$

де Q'_m - максимальна витрата схилового припливу.

Через відсутність спостережень за характеристиками схилового припливу Q'_m та T_0 залежність (9) не може бути використана безпосередньо.

Є.Д. Голченком [4,5] запропонована методика визначення $(n+1)/n$, спираючись на матеріали спостережень за стоком річок, зокрема, через коефіцієнти часової нерівномірності руслового стоку $(m+1)/m$, причому

$$\frac{m+1}{m} = \frac{Q_m}{\bar{Q}_{Tn}} = \frac{q_m T_n}{Y_m}, \quad (10)$$

де q_m – максимальний модуль руслового стоку; T_n – тривалість руслового стоку; $\bar{Q}_{Tn}$ – середня за паводок витрата води.

Узагальнення $(m+1)/m$ по території показує, що воно інтегрально може відображатись за допомогою площі водозбору F . У цілому $(q_m T_n)/Y_m$ характеризується поступовим зменшенням зі збільшенням розмірів водозбірних площ. Верхнє граничне значення $(m+1)/m$ при $F=0$ являє собою шуканий параметр нерівномірності схилового гідрографа $(n+1)/n$ [4, 6].

Однак, існують деякі труднощі у визначенні параметра $(n+1)/n$. Вони пов'язані з недосконалістю способів розчленовування гідрографів, внаслідок чого тривалість паводків T_n може бути як завищеною, так і заниженою. Це відбивається й на числових значеннях $(m+1)/m$, а в першу чергу – на тісноті регіональних залежностей $(m+1)/m = f(F)$.

Тому в низці робіт рекомендується обчислювати $(m+1)/m$ із використанням середніх характеристик паводків і водопіль $\bar{Y}_m, \bar{T}_n, \bar{Q}_m$, тобто

$$\frac{m+1}{m} = \frac{\bar{T}_n \bar{Q}_m}{\bar{Y}_m F} 86,4. \quad (11)$$

Для території, що розглядається, згідно з табл. 1, яка наведена у роботі [7], коефіцієнт нерівномірності $\frac{n+1}{n}$ приймається на рівні 3.5.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів часової нерівномірності припливу води зі схилів до руслової мережі $(n+1)/n$ і параметра n

Район	$(n+1)/n$	n
Лісостепова зона	5.0	0.25
Степова зона	3.50	0.40

Матеріали дослідження. До об'єктів дослідження у межах Півдня України залучені річкові водозбори з періодами спостережень більше 50 років.

Аналіз отриманих результатів. Реалізована методика стосовно дощових паводків на річках Півдня України. В результаті статистичної обробки часових рядів шарів стоку і витрат води розрахункові характеристики паводкового стоку приведені до забезпеченості $P = 1\%$.

Редукційна формула, на основі якої є можливість визначити тривалість схилового припливу при забезпеченості $P = 1\%$, має вигляд

$$q_{1\%} = k_0 Y_{1\%} / (F + 1)^{n_1}, \quad (12)$$

де $q_{1\%}$ - максимальний модуль 1% ймовірності перевищення.

Степеневий показник n_1 в ній визначається графічним шляхом за допомогою логарифмічної залежності $q_{1\%}/Y_{1\%} = f(F + 1)$, наведеної на рис.1

Очевидно, для Півдня України $n_1 = 0,63$. Отриманий степеневий показник майже збігається з наведеним у [8], де $n_1 = 0.59$.

Коефіцієнт схилової трансформації для окремих водозборів k_0 розраховується зворотнім шляхом з (12)

$$k_0 = q_{1\%} / Y_{1\%} \cdot (F + 1)^{0,63}. \quad (13)$$

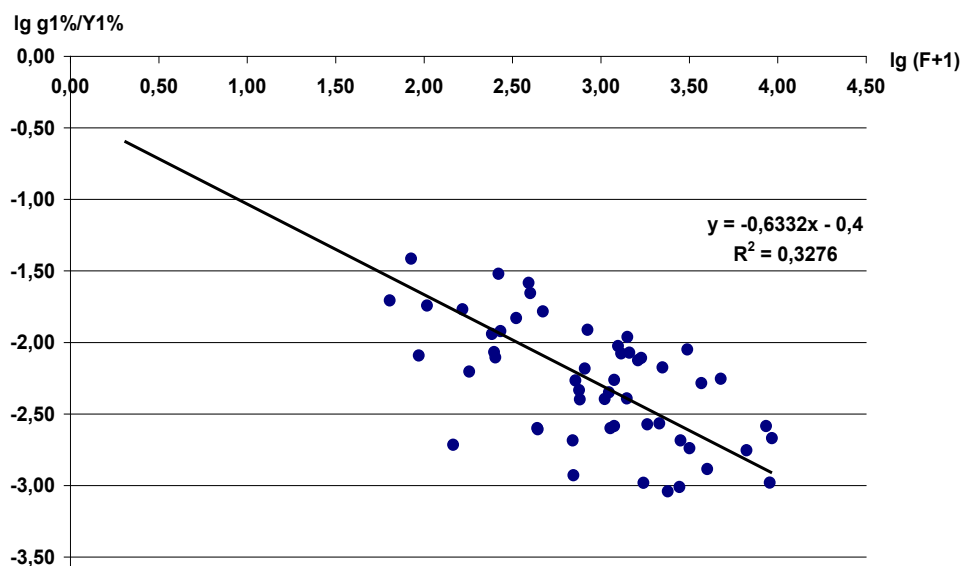


Рис.1. Залежність співвідношення $q_{1\%}/Y_{1\%}$ від площі водозборів річок Півдня України

Індивідуальні по кожному водозбору тривалості схилового припливу T_0 , згідно з (7), дорівнюють

$$T_0 = 0,28 \cdot (n+1)n / k_0, \quad (14)$$

де 0,28 коефіцієнт розмірності при: T_0 - у год.; $q_{1\%}$ - у $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, $Y_{1\%}$, - у мм; F - у км^2 ; k_0 - у 1/год..

Коефіцієнт часової нерівномірності при T_0 год, $\frac{n+1}{n}$ приймається за табл. 1 і для Півдня України дорівнює 3,5.

Розрахункові величини T_0 у межах Півдня України наводяться в табл.2.

Таблиця 2. Розрахункова тривалість схилового припливу дощових паводків на території Півдня України ($n_1=0,63$)

№ п/п	Річка- пост	$F, \text{км}^2$	$q_{1\%}, \text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$Y_{1\%}, \text{мм}$	$q_{1\%}/Y_{1\%}$	k_0	$T_0, \text{год.}$
1	Ялпуг - з.ст.Комрат	241	0,11	9,50	0,011	0,35	2,78
2	Муса - з.ст.Комрат	83,5	1,05	30,0	0,035	0,57	1,71
3	б.Тараклія – смт Тараклія	103	0,20	11,0	0,018	0,33	2,95
4	Когильник – смт Котовське	179	0,12	20,0	0,006	0,16	6,14
5	Сарата - с.Сарата	1110	0,06	13,0	0,004	0,37	2,67
6	Тилігул-с.Новоукраїнка	810	0,07	11,0	0,007	0,45	2,17
7	Тилігул- м. Березівка	3170	0,01	5,30	0,002	0,29	3,35
8	Південний Буг-с.Лелітка	4000	0,04	33,0	0,001	0,22	4,46
9	Південний Буг-с.Сабарів	9010	0,03	32,0	0,001	0,32	3,06
10	Бужок-смт Меджибож	698	0,05	39,0	0,001	0,07	13,7
11	Іква-смт Стара Синява	439	0,08	33,0	0,002	0,11	8,69
12	Згар-смт Літин	692	0,06	33,0	0,002	0,11	9,06
13	Рів-с.Демидівка	1130	0,07	27,0	0,003	0,21	4,73
14	Соб-с.Зозів	92,5	0,10	14,0	0,007	0,12	7,89
15	Савранка-с.Осички	1740	0,01	14,0	0,001	0,11	9,07

№ п/п	Річка- пост	$F, \text{ км}^2$	$q_{1\%}, \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$Y_{1\%}, \text{ мм}$	$q_{1\%}/Y_{1\%}$	K_0	$T_0, \text{ год.}$
16	Синиця-с.Кам'яний Брід	753	0,03	7,20	0,005	0,29	3,31
17	Кодима-с.Обжила	145	0,03	9,80	0,075	0,04	13,1
18	Кодима-с.Катеринка	2390	0,01	6,90	0,001	0,11	8,59
19	Гнилий Тікич-с.мт Лисянка	1450	0,07	8,30	0,008	0,82	1,20
20	Велика Вись-с.Ямпіль	2820	0,01	6,60	0,002	0,26	3,80
21	Ятрань-с.Покотилове	2140	0,02	8,80	0,003	0,34	2,89
22	Циганка-с.Краснопілля	248	0,14	17,0	0,008	0,27	3,68
23	Чорний Ташлик-с.Піщаний Брід	1830	0,02	18,0	0,001	0,12	8,26
24	Чорний Ташлик-с.Тарасівка	2230	0,08	13,0	0,006	0,80	1,22
25	Мертвовід-с. Крива Пустош	252	0,18	24,0	0,008	0,25	3,97
26	Чичиклія-с.Василівка	436	0,04	8,50	0,005	0,24	4,17
27	Гнилий Єланець-с.Женево-Криворіжжя	1190	0,04	8,50	0,005	0,45	2,16
28	Інгул-м.Кіровоград	840	0,09	8,50	0,011	0,74	1,32
29	Інгул-с.Інгуло-Кам'янка	3080	0,05	6,30	0,009	1,35	0,73
30	Інгул-с.Седнівка	4770	0,03	6,50	0,005	1,05	0,93
31	Інгул-с.Новогорожене	6670	0,01	8,40	0,002	0,44	2,23
32	Громоклія-с.Михайлівка	1410	0,03	3,30	0,009	0,93	1,05
33	Базавлук-с.Катерино-Наталівка	1050	0,05	12,0	0,004	0,31	3,21
34	Інгулець-с.Олександро-Степанівка	1400	0,05	12,0	0,004	0,39	2,52
35	Інгулець-м.Кривий Ріг	8600	0,02	7,10	0,003	0,77	1,27
36	Інгулець-с.Михайлівка	8600	0,02	6,50	0,002	0,68	1,43
37	Молочна-м.Токмак	9280	0,01	6,90	0,001	0,09	10,2
38	Молочна-с.Терпіння	760	0,03	8,10	0,001	0,22	4,42
39	Лозуватка-с.Новоолексіївка	331	0,15	11,0	0,014	0,53	1,86
40	Обитічна-с.Шевченко	390	0,15	6,30	0,024	1,04	0,94
41	Обитічна-м.Приморськ	1300	0,06	8,40	0,008	0,70	1,39
42	Кильтиччя-с.Новотроїцьке	398	0,12	8,50	0,014	0,63	1,57
43	Берда-с.Захарівка	718	0,06	11,0	0,006	0,36	2,76
44	Берда-с.Осипенко	1620	0,06	8,90	0,007	0,75	1,30
45	Кальміус-м.Донецьк (с.мт Авдотіне)	263	0,70	25,0	0,028	0,93	1,05
46	Кальміус-с.Раздольне	1690	0,08	10,0	0,008	0,85	1,15
47	Кальміус-с.мт Сартана (с.мт Приморське)	3700	0,09	17,0	0,005	0,89	1,10
48	Кальчик-с.Кремнівка	469	0,28	14,0	0,020	0,98	1,00
49	Кальчик-м.Маріуполь	1250	0,11	12,3	0,009	0,83	1,19
50	балка Полкова-с.Кременівка	63,0	0,56	30,0	0,019	0,26	3,83
51	Малий Кальчик-с.Кременівка	270	0,50	48,0	0,010	0,36	2,76
52	Калець-х.Перемога	164	0,07	3,90	0,017	0,41	2,37
53	Глузький Єланчик-с.Гусельщикове	1190	0,01	3,60	0,003	0,22	4,40

Змінюються значення T_0 (табл. 2) від 13,7 год. (р. Бужок - смт Меджибож) до 0,73 год. (р. Інгул – с. Інгуло-Кам'янка). Середнє по регіону значення тривалості схилового припливу дорівнює 3,5 год. Саме воно рекомендується нами при здійсненні заходів по вдосконаленню розрахункової методики для встановлення характеристик максимального стоку дощових паводків на території Півдня України.

Висновки. Подальший розвиток нормативної бази в Україні по визначенню розрахункових витрат води дощових паводків і весняних водопіль рідкісної ймовірності перевищення гальмується через відсутність характеристик схилового стоку (тривалості надходження води до руслових систем і коефіцієнтів нерівномірності припливу у часі).

В умовах Півдня України, де майже відсутня залісеність і заболоченість водозборів, можливе встановлення індивідуальних параметрів схилового припливу в структурі одного з варіантів редукційної формули (з використанням даних по максимальних витратах води і шарах паводкового стоку річок).

На матеріалах існуючої мережі гідрологічних станцій і постів в басейнах річок Півдня України обґрунтоване розрахункове значення тривалості припливу для дощових паводків забезпеченості $P = 1\%$ на рівні 3,5.

Враховуючи попередні дослідження для цього регіону [2, 3, 8, 9, 10], величину тривалості схилового припливу для дощових паводків забезпеченості $P = 1\%$ на Півдні Україні рекомендується приймати такою, що дорівнює 3,5 години.

Список літератури

1. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с. 2. Гопченко Е.Д. Некоторые проблемные вопросы расчета паводочного стока ДАН СССР, №4, 1989, с.955-957. 3. Гопченко Е.Д. Теоретические аспекты формул предельной интенсивности / Е.Д. Гопченко, М.Е. Романчук, О.К. Романчук // Метеорология, климатология и гидрология, 2005, вып.49, с.414-423. 4. Гопченко Е.Д. Графоаналитический метод определения параметров гидрографов склонового стока (по материалам полевого обследования ГВВ) / Е.Д. Гопченко, Ю.А. Гнездилов // Труды УкрНИГМИ. – 1974. – Вып.127. – С.54-61. 5. Гопченко Е.Д. Анализ структуры объемных формул / Е.Д. Гопченко // Метеорология, климатология и гидрология. - 1976. - Вып. 12 - С. 84-90. 6. Андриевская Г.М. О форме графиков притока воды со склонов в русловую сеть / Г.М. Андриевская, Е.Д.Гопченко, В.А.Овчарук // Метеорология, климатология и гидрология, 1996, вып. 33, С.106 – 110. 7. Швобс Г.І. Каталог річок та водойм України. Навчально-довідковий посібник./ Г.І. Швобс, М.І.Єгошин. – Астропринт, Одеса. 2003. – 389 с. 8. Гопченко Є.Д. Проблеми визначення розрахункової тривалості припливу води зі схилів до руслової мережі / Є.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Н.С. Кічук - Наук. праці УкрНДГМІ- 2012.- Вип. 263. – С. 85– 88. 9. Вишневецький П.Ф. Зливи і зливовий стік на Україні // П.Ф.Вишневецький. – Київ: Наукова думка, 1964. – 230 с. 10. Гопченко Е.Д. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности // Е.Д. Гопченко, М.Е. Романчук – Киев, КНТ, 2005. –148 с.

Тривалість схилового припливу дощових паводків рідкісної ймовірності перевищення на території Півдня України

Кічук Н.С.

Розглянуті питання, пов'язані з визначенням тривалості схилового припливу дощових паводків на території Півдня України.

Ключові слова: дощові паводки, тривалість схилового припливу, нормування характеристик максимального стоку.

Продолжительность склонового притока дождевых паводков редкостной вероятности превышения на территории Юга Украины

Кічук Н.С.

Рассмотрены вопросы, связанные с определением продолжительности склонового притока дождевых паводков на территории Юга Украины.

Ключевые слова: *дождевые паводки, длительность склонового притока, нормирование характеристик максимального стока.*

Duration of slope inflow of rain floods of rare probability of excess in the territory of the South of Ukraine

Kichuk N.S.

The questions connected with determination of duration of slope inflow of rain floods in the territory of the South of Ukraine are considered.

Keywords: *rain floods, duration of slope inflow, rationing of characteristics of the maximum drain.*

Надійшла до редколегії 02.02.2015

УДК 556.166

Чорноморець Ю.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ДЕТАЛІЗАЦІЯ ТИПІВ ГІДРОГРАФІВ ВЕСНЯНОГО СТОКУ З МЕТОЮ ЇХ ПРОГНОЗУВАННЯ НА РІЧКАХ ДЕСНА ТА ПРИП'ЯТЬ

Ключові слова: *весняне водопілля, об'єми води, розподіл стоку, типізація гідрографів, прогноз*

Стан проблеми. Річка Дніпро на своєму шляху перетинає декілька фізико-географічних зон, тому формування її річного стоку визначається досить широким комплексом геофізичних та антропогенних чинників. Після побудови каскаду дніпровських водосховищ режим Дніпра значно змінився, що обумовлює необхідність вдосконалення існуючих підходів до довгострокового прогнозування його стоку.

Відповідно до внутрішньорічного розподілу стоку найбільш багатоводною фазою гідрологічного режиму Дніпра є весняне водопілля. Прогноз водності цього періоду кожного року викликає особливу зацікавленість державних установ, громадськості тощо. Тому визначення якомога детальнішого розподілу припливу води до Київського та Канівського водосховищ, зокрема за пентадами, протягом весняного сезону є досить важливим завданням на сьогоднішній день, що і визначає актуальність цієї роботи.

Приплив води до Київського водосховища визначається окрім власне Дніпра, водністю річки Прип'ять, а приплив до Канівського водосховища – водністю річки Десна. Водопілля на цих річках значно відрізняються за термінами, об'ємами та особливостями проходження.

Басейн Прип'яті має широтне простягання, невисокі абсолютні відмітки, суттєве заболочення і тому водопілля там проходить досить синхронно по основних притоках, іноді його гідрограф має двомодальну форму. У свою чергу басейн Десни має більш меридіональний напрям з північного сходу на південний захід, менш заболочений і загальне падіння його перевищує відповідне значення для Прип'яті майже вдвічі. Такі особливості визначають досить пізнє водопілля, що формується довше і максимальна витрата води його проходить фактично останньою серед річок України. Шар стоку весняного водопілля в середньому за багаторічний період в басейні Десни на 10 мм перевищує відповідний показник в басейні Прип'яті. Основні характеристики весняного водопілля відповідних басейнів співвідносяться між собою наступним чином: дата проходження максимуму на Десні запізнюється, в середньому за багаторічний період, на два тижні, середня багаторічна максимальна витрата води досить близька за