

Б.Ф. Христюк

ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНІХ, МАКСИМАЛЬНИХ ТА МІНІМАЛЬНИХ ЗА ДЕКАДУ ВИТРАТ ВОДИ НА ВЕРХНЬОМУ ДУНАЇ

На основі методу прогнозу стоку за даними про запас води в русловій мережі басейну та про притік води до річкової мережі розроблено залежності для прогнозування середніх, максимальних та мінімальних за декаду витрат води на Верхньому Дунаї.

Ключові слова: витрата води, запас води, зарегульованість стоку, гідровузли, мультиколінеарність.

Вступ

Дунайська гідрометеорологічна обсерваторія (ДГМО) є єдиною гідрометеорологічною установою на українській ділянці р. Дунай, яка виконує оперативно-прогностичне обслуговування підприємств та організацій придунайського регіону. Консультації та гідрологічне прогнозування здійснюється для шістнадцяти пунктів судохідної частини р. Дунай: від м. Кінштока (Австрія) до м. Вилкове. Усі методики, за якими виконуються гідрологічні прогнози в ДГМО, розроблені ще в минулому столітті, тому вони потребують негайного оновлення, удосконалення та автоматизації, що дозволить покращити якість гідрологічного прогнозування при забезпеченні відповідною інформацією основних споживачів: Українське Дунайське пароплавство, АСК «Укррічфлот», морські торговельні порти Ізмаїл, Рені, ГП «Дельта-Лоцман», Дунайське басейнове управління водних ресурсів, місцеві органи влади, військові підрозділи, МНС і т.п.

Метою роботи є створення методики прогнозування середніх, максимальних та мінімальних декадних витрат води для прогнозного пункту Кіншток, який розташований на Верхньому Дунаї. Роботи по оновленню методик прогнозування декадних та місячних характеристик стоку р. Дунай фахівцями УкрНДГМІ були розпочаті в 1996 році та тривали по 2011 р. [1-4]. Однак, по-перше, у цих роботах проводилась розробка регресійних залежностей для трьох пунктів Верхнього Дунаю:

Хофкірхен, Відень та Корнейбург, які не входять до переліку планових прогнозних пунктів ДГМО. По-друге, регресійні залежності не враховували притік води до руслової мережі за період завчасності прогнозу, що є особливо важливим для Верхнього Дунаю, де протягом року спостерігаються паводки, обумовлені, передусім, інтенсивними опадами в Альпах. По-третє, до складу регресійних рівнянь увійшли предиктори, які тісно корелюють один з одним (коефіцієнти кореляції більше ніж 0,8), що призводить до мультиколінеарності, яка неприпустима під час застосування апарату регресійного аналізу.

Виклад основного матеріалу досліджень

Річка Дунай за своєю довжиною та площею водозбору є другою з найбільших річок Європи після річки Волга. Річка Дунай утворюється від злиття двох гірських струмків Бреге і Брігах, які беруть свій початок на східних схилах Шварцвальду (Німеччина). Загальна довжина р. Дунай від місця злиття вказаних струмків до її впадіння в Чорне море – 2783,4 км, з яких 2414 км – судохідні (від Кельхейма до Суліни, рис. 1). Басейн р. Дунай перетинають два гірські масиви, ділячи його на три частини. Перший масив є перехідним між Альпами та Малими Карпатами. Річка Дунай долає цей гірський масив біля населеного пункту Девін, нижче впадіння р. Морава, утворюючи так звані Девінські Ворота (Угорські ворота). Другий гірський масив є перехідним між Балканами та Південними Карпатами. Через цей масив річка Дунай протікає через так звані Залізні Ворота поблизу населеного пункту Турну-Северин. По комплексу фізико-географічних та геологічних ознак річку Дунай прийнято ділити на наступні три частини: Верхній Дунай – від витoku до Девінських Воріт, Середній Дунай – від Девінських до Залізних Воріт та Нижній Дунай – від Залізних Воріт до гирла [5].

Клімат Верхнього Дунаю формується під впливом Атлантичних та Середземноморських повітряних мас. Надходження вологих повітряних мас з Атлантичного океану та з Середземного моря призводить до адвективних опадів, передусім на навітряних схилах гір, де середня за рік кількість опадів досягає 3000 мм. Живлення Верхнього Дунаю відбувається за рахунок танення високогірних снігів, випадіння злив і дощів та надходження ґрунтових вод. Значні об'єми води надходять до Дунаю з повноводними альпійськими притоками Іллер, Лех, Ізар, Інн, Траун, Енс, Ібс та ін.

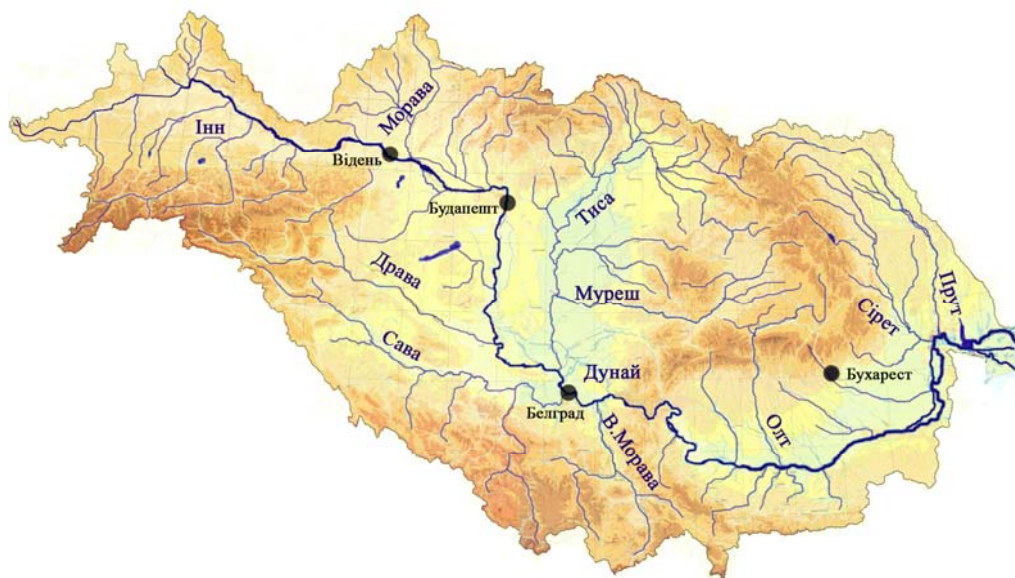


Рис. 1. Бассейн р. Дунай

Верхній Дунай характеризується різкими пікоподібними коливаннями рівнів води, максимальними влітку та мінімальними взимку (рис. 2).

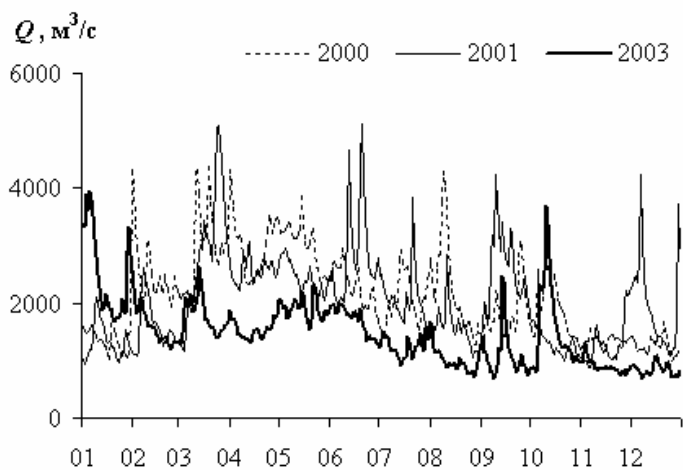


Рис. 2. Суміщені гідрографи р. Дунай – м. Кіншток

Найвищі за рік рівні (витрати) води можуть спостерігатися в будь-якому місяці року, проте найчастіше вони настають улітку. Найнижчі за

рік рівні (витрати) води спостерігаються в період, коли основне живлення річки відбувається за рахунок підземних вод, зазвичай восени або взимку. Амплітуда коливання рівнів води Верхнього Дунаю змінюється по довжині річки в широких межах. У звужених гірських районах вона досягає 10 м.

Природний режим Верхнього Дунаю значною мірою порушений внаслідок будівництва великої кількості гідротехнічних споруд та систем, за допомогою яких змінено поперечний переріз, берегову лінію та похил русла, витрати донних та завислих наносів, якість води та водність. Розпочинаючи з 1950 р. на Верхньому Дунаї було побудовано велику кількість гребель багатоцільового призначення. Вони покращують умови судноплавства, забезпечують виробіток електроенергії, захищають, у комплексі з захисними дамбами, значні території від затоплення паводковими водами та ін. [6].

На Верхньому Дунаї споруджено каскад, який складається з 15 гідровузлів, та розроблені плани будівництва гідровузлів ще на 5 ділянках, на яких судноплавство за низьких рівнів води лімітовано наявністю перекатів (табл. 1). Значна зарегульованість водного стоку Верхнього Дунаю перешкоджає ефективному застосуванню традиційних методів прогнозування стоку, і, насамперед, прогнозуванню щоденних рівнів води.

Що стосується прогнозпункту Кіншток, то вверх за течією розташовано 12 гідровузлів зі шлюзами та один перекат (табл. 1). Підпір окремих гідровузлів коливається в межах від 5,2 до 15,3 м та розповсюджується на відстань від 15,9 до 40,6 км. Найкрупнішим є гідровузол Ашах (2162,67 км). Усі водосховища є руслового типу. Вони мають незначну регуляційну ємність та виконують каскадне регулювання стоку. Підпір відсутній упродовж 69 км між гідровузлами Штраубінг (2324,07 км) та Кахлет (2230,73 км), але там заплановано спорудження ще 3 гідровузлів.

Ділянки без підпору між рештою суміжних гідровузлів або зовсім відсутні, або становлять 2-6 км, за винятком ділянки між гідровузлами Мельк (2038,16 км) та Альтенвйорт (1979,83 км), на яких підпір відсутній упродовж 25,7 км. У водосховищі Йохенштейн (2203,30 км) відбувається змішування вод р. Дунай та правобережної альпійської притоки – р. Інн, яка за водністю не поступається самій р. Дунай.

Таблиця 1

Перелік гідровузлів, гідропостів та перекатів на Верхньому Дунаї

Гідровузол/гідропост/перекат	Відстань від гирла, км	Підпір, м	Довжина вдсх, км	Роки будівництва	Примітка
Бад-Аббах	2401,72	5,7	17,7	1973-1978	гідровузол
Регенсбург	2381,32	5,2	17,4	1972-1978	гідровузол
Регенсбург	2376,49				нідпір
Гейслінг	2354,00	7,3	25,4	1977-1985	гідровузол
Штраубінг	2324,07	7,3	24,3	1987-1995	гідровузол
<i>Альте-Данау</i>	<i>2319,0</i>				<i>перекат</i>
Деггендорф	2287,6			заплановано	гідровузол
Айха	2272,5			заплановано	гідровузол
Хофкірхен	2256,86				без підпору
Фільсхофен	2251,5			заплановано	гідровузол
Кахлет	2230,73	9,8	24,3	1922-1927	гідровузол
Йохенштейн	2203,30	10,3	27,4	1952-1956	гідровузол
Енгель-хартсцелль	2200,66				нідпір
Ашах	2162,67	15,3	40,6	1959-1964	гідровузол
Оттенсгейм	2146,73	10,5	15,9	1970-1974	гідровузол
Лінц	2135,17				нідпір
Абвінден-Астен	2119,45	9,3	27,3	1976-1979	гідровузол
Вальзее-Міттелькірхен	2094,50	10,8	25,0	1965-1968	гідровузол
Ібс-Перзенбейг	2060,42	10,9	34,1	1954-1959	гідровузол
Мельк	2038,16	9,6	22,3	1979-1982	гідровузол
<i>Швалленбах</i>	<i>2022,5</i>				<i>перекат</i>
Кіншток	2015,21				без підпору
<i>Вайсенкірхен</i>	<i>2013,6</i>				<i>перекат</i>
Рюрсдорф	2012,4			заплановано	гідровузол
Альтенвійорт	1979,83	15,2	32,6	1973-1976	гідровузол
Грейфенштейн	1949,18	12,6	30,6	1981-1985	гідровузол
Корнейбург	1941,46				нідпір
Фройденау	1921,05	8,5	28,1	1992-1997	гідровузол
Регельсбрунн	1897,0			заплановано	гідровузол
<i>Хайнбург</i>	<i>1883,6</i>				<i>перекат</i>

Окрім указаних у табл. 1 гідровузлів, на р. Дунай, на ділянці від Ульма (2588,0 км) до Інгольштадта (2458,3 км), за період 1952-1984 рр.

споруджено каскад із 15 гребель. На притоках Верхнього Дунаю побудовано водосховища: р. Інн – 11 водосховищ, р. Ізар – 3, р. Лех – 2, р. Наб та Реген – по одному водосховищу. Після завершення будівництва каналу Дунай-Майн-Рейн у 1992 р., близько 40 км нижньої течії лівобережної притоки р. Дунай, р. Альтмюль, стали частиною цього суднохідного шляху.

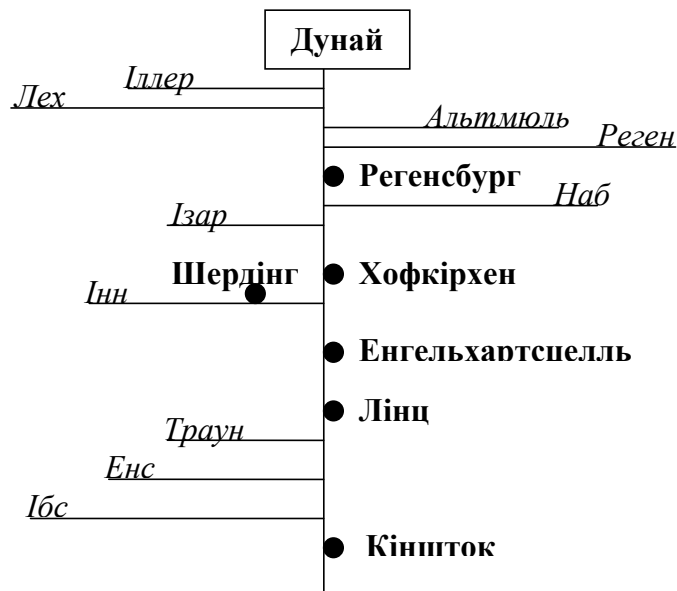


Рис. 3. Схема розташування гідропостів на Верхньому Дунаї

Вище за течією прогнозпункту Кіншток розташовано п'ять гідропостів (рис. 3, табл. 2). На відміну від гідропостів Хофкірхен та Кіншток, гідропости Регенсбург, р. Інн – Шердінг, Енгельхартсцелль та Лінц перебувають у підпорі відповідних гідровузлів, які розташовані нижче за течією. Підпір призводить до порушення однозначності кривих витрат та ускладнює використання гідрометричної інформації цих гідропостів у ході оперативного прогнозування (рис. 4).

Зіставлення рядів спостережень за рівнями та витратами води прогнозпункту Кіншток з даними гідропостів Регенсбург, Хофкірхен, Енгельхартсцелль та Лінц указує на те, що відповідні витрати та рівні води на даних гідропостах спостерігаються в одну і ту ж саму дату, незважаючи на те, що відстань між гідропостами Регенсбург та Хофкірхен становить 119,6 км, між гідропостами Хофкірхен та

Енгельхартсцелль – 56,2 км, між гідропостами Енгельхартсцелль та Лінц – 65,5 км, а між Лінц та Кіншток – 120 км.

Таблиця 2

Відомості про гідрологічні пости Верхнього Дунаю

Назва	Відстань від гирла, км	Площа водозбору, км ²	Рік відкриття
Регенсбург	2376,49	36399	1928
Хофкірхен	2256,86	47496	1925
р. Інн-Шердінг	2225,0+16,0	25664	1851
Енгельхартсцелль*	2200,66	77090	1884
Лінц	2135,17	79490	1921
Кіншток	2015,21	95970	1976

* – рівневий пост

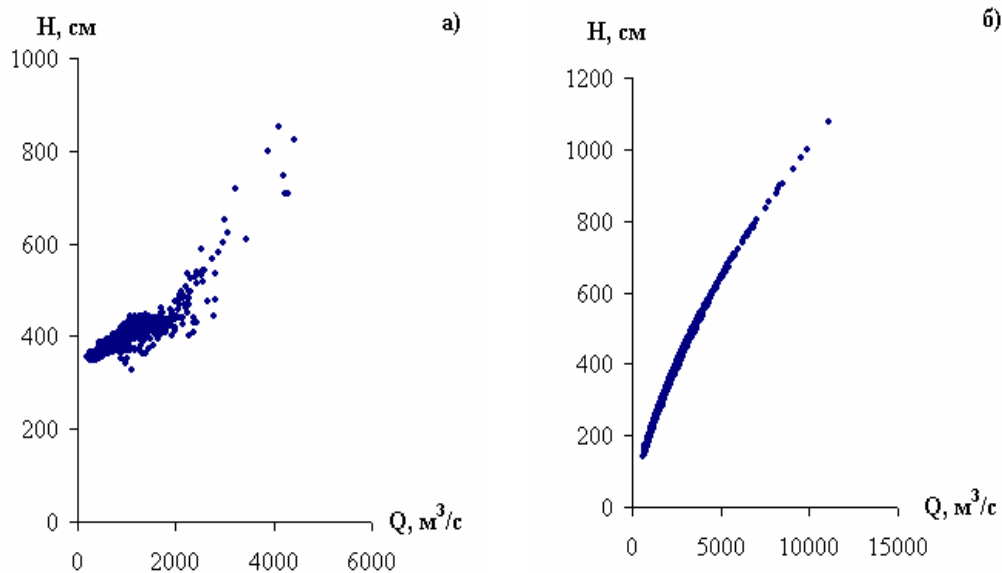


Рис. 4. Залежності $Q = f(H)$: а) – р. Інн – м. Шердінг, 1980-2004 рр.; б) – р. Дунай – м. Кіншток 1980-2003 рр.

Також виявлено тісний зв'язок (коефіцієнт кореляції 0,96) між витратами води гідропоста Кіншток та сумою витрат води гідропостів Хофкірхен і р. Інн-Шердінг в одну й ту ж саму дату. Відстань між гідропостами Кіншток та Хофкірхен і р. Інн-Шердінг становить 241,7 та

225,8 км відповідно. Тісний зв'язок між витратами води гідропостів Регенсбург, Хофкірхен, Лінц та Кіншток в одну й ту ж саму дату пояснюється каскадним регулюванням стоку, за якого скиди гідровузлів відбуваються синхронно.

Для прогнозування декадних характеристик стоку р. Дунай використано метод прогнозу стоку за даними про запас води в русловій мережі басейну та про притік води до річкової мережі. Згідно з указаним методом, в основу прогнозу витрат води в нижньому (прогнозованому) створі покладено приблизне рівняння водного балансу [7, 8]

$$\sum_t^{t+\Delta t} Q_H \Delta t = W_t + \sum_t^{t+\Delta t} q \Delta t, \quad (1)$$

де $\sum_t^{t+\Delta t} Q_H \Delta t$ – стік через нижній створ вибраної ділянки річки від моменту часу t (дата випуску прогнозу) до моменту часу $t+\Delta t$; Δt – час добігання між верхнім та нижнім створами – завчасність прогнозу); W_t – запас (об'єм) води в русловій мережі вибраної ділянки річки на дату складання прогнозу; $\sum_t^{t+\Delta t} q \Delta t$ – притік води до руслової мережі в межах даної ділянки річки за період від t до $t+\Delta t$.

У період межені, коли притік поверхневих вод за період завчасності прогнозу незначний порівняно з об'ємами води в річковій мережі, рівняння водного балансу (1) спрощується до вигляду

$$\sum_t^{t+\Delta t} Q_H \Delta t = f(W_t) \quad (2)$$

Залежність (2) використовується для прогнозу середньої витрати води за проміжок часу Δt (пентаду, декаду, місяць) шляхом встановлення залежності

$$Q_{t+\Delta t} \approx f(W_t) \quad (3)$$

Залежність (3) також може бути використаною у випадку, коли притік суттєвий, але відносно постійний з року в рік.

В періоди весняної повені та дощових паводків інтенсивний притік води до руслової мережі враховується залежністю

$$Q_{t+\Delta t} = f(W_t, q_{t+\Delta t}) \quad (4)$$

Під час розробки залежностей для прогнозування середніх за декаду витрат води гідропоста Кіншток були використані дані рр., опубліковані в «Гідрологічних щорічниках річки Дунай» (видання Дунайської комісії) про щоденні рівні та витрати води на гідропостах Верхнього Дунаю за період 1980-2004.

Запаси води в русловій мережі на дату випуску прогнозу (W_t) для ділянки річки від гідропоста Регенсбург (Q^P_t) до гідропоста Кіншток (Q^K_t) із залученням даних спостережень на гідропостах Хофкірхен (Q^X_t), Інн-Шердінг (Q^I_t) та Лінц (Q^L_t) визначаються

$$W_t = 0,5\tau_1(Q^P_t + Q^X_t) + 0,5\tau_2(Q^X_t + Q^I_t + Q^L_t) + 0,5\tau_3(Q^L_t + Q^K_t), \quad (5)$$

де τ_1, τ_2, τ_3 – час добігання на ділянках р. Дунай між відповідними верхніми та нижніми гідропостами.

Матриця парних коефіцієнтів кореляції (табл. 3) вказує на те, що коефіцієнти кореляції між витратами води в одну і ту ж дату гідропостів Хофкірхен - Регенсбург, Хофкірхен - Лінц, Регенсбург - Лінц, Інн-Шердінг - Лінц, Інн-Шердінг - Кіншток та Кіншток - Лінц більші ніж 0,8.

Таблиця 3

Матриця парних коефіцієнтів кореляції (1980-2004 рр.)

	Q^P	Q^X	Q^I	Q^L	Q^K
Q^P	1				
Q^X	0,96	1			
Q^I	0,38	0,39	1		
Q^L	0,81	0,84	0,83	1	
Q^K	0,77	0,80	0,81	0,97	1

Вилучення з рівняння (5) змінних, які мають між собою тісний кореляційний зв'язок, дозволяє значно його спростити, а також уникнути мультиколінеарності при застосуванні регресійного аналізу. Після спрощення рівняння (5) матиме вигляд:

$$W_t = aQ_t^X + bQ_t^K. \quad (6)$$

Врахування притоку води до руслової мережі за період завчасності прогнозу (q_{t+10}) відбувається шляхом встановлення залежності:

$$q_{t+10} = f\left(\sum_{i=1}^n P_i k_i\right), \quad (7)$$

де P_i – сума опадів на i -й метеостанції протягом завчасності прогнозу; k_i – ваговий коефіцієнт метеостанції.

У ході встановлення залежності (7) були використана інформація з баз даних European Climate Assessment and Dataset Royal Netherlands Meteorological Institute та National Climate Data center of the USA стосовно добових сум опадів та середньодобової температури повітря на 11 метеорологічних станціях, розташованих на території Німеччини та Австрії за період 1980-1992 рр. Оподи, які випадали за температури повітря нижче нуля, не враховувалися.



Рис. 5. Схема розташування метеорологічних станцій на території Верхнього Дунаю

Вагові коефіцієнти для кожної метеостанції визначалися по методу Тіссена, а середній час добігання води з окремих територій водозбору, представлених відповідними метеостанціями до гідропоста Кіншток, встановлювався методом підбору, з урахуванням каскадного регулювання стоку на ділянці річки між гідропостами Регенсбург та Кіншток (табл. 4).

Регресійна залежність для прогнозування середніх за декаду витрат води для гідропоста Кіншток в безльодоставний період має вигляд:

$$Q_{t+10}^K = 0,46 Q_t^X + 0,47 Q_t^K + 28,28 q_{t+10} + 343,87 \quad (8)$$

Вхідною інформацією для залежності (8) є витрати води на гідропостах Хофкірхен та Кіншток на дату випуску прогнозу та значення температури повітря і кількість опадів по метеостанціям (табл. 4) з залученням прогнозу на 7 діб. Метеорологічний прогноз на 7 діб для метеостанцій Німеччини та Австрії, в якому окрім температури повітря також зазначається й кількість опадів в міліметрах, міститься на сайті Гідрометцентру Росії (www.meteoinfo.ru).

Таблиця 4

Значення вагових коефіцієнтів метеостанцій та середнього часу добігання води до прогнозпункту Кіншток, (1980-1992 рр.)

№	Метеостанція	Ваговий коефіцієнт	Середній час добігання, доба
1.	Оберстдорф (Oberstdorf), Німеччина	0,072	3
2.	Ульм (Ulm), Німеччина	0,114	3
3.	Аугсбург (Augsburg), Німеччина	0,107	3
4.	Гроссер Арбер (Gr.Arber), Німеччина	0,051	2
5.	Вейден (Weiden), Німеччина	0,038	2
6.	Регенсбург (Regensburg), Німеччина	0,096	1
7.	Цугшпітце (Zugspitze), Німеччина	0,084	4
8.	Вендельштейн (Wendelstein), Німеччина	0,081	3
9.	Мюльдорф (Mühldorf), Німеччина	0,082	2
10.	Зальцбург (Salzburg), Австрія	0,116	2
11.	Лінц (Linz), Австрія	0,158	1

Врахування притоку води до руслової мережі за період завчасності прогнозу дозволило підвищити коефіцієнт детермінації між фактичними та прогнозними значеннями середніх за декаду витрат води для гідропоста Кіншток в 1,3 рази в порівнянні з прогнозною залежністю, у якій притік не враховується (рис. 6).

Прогнозування максимальних та мінімальних витрат води за декаду для гідропоста Кіншток пропонується здійснювати залежно від прогнозних середніх за декаду витрат води (Q_{t+10}^K):

$$Q_{\max}^K = 0,57 \left(Q_{t+10}^K \right)^{1,10} \quad (9)$$

$$Q_{\min}^K = 2,06(Q_{t+10}^K)^{0,88} \quad (10)$$

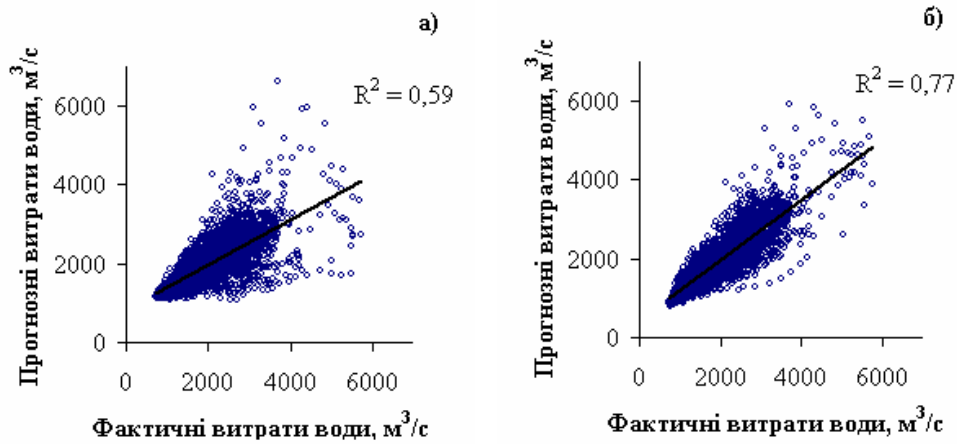


Рис. 6. Кореляційні залежності між фактичними та прогнозними середніми декадними витратами води, р. Дунай – м. Кіншток, 1980-1992 рр. а) – без урахування притоку до руслової мережі; б) – з урахуванням притоку до руслової мережі

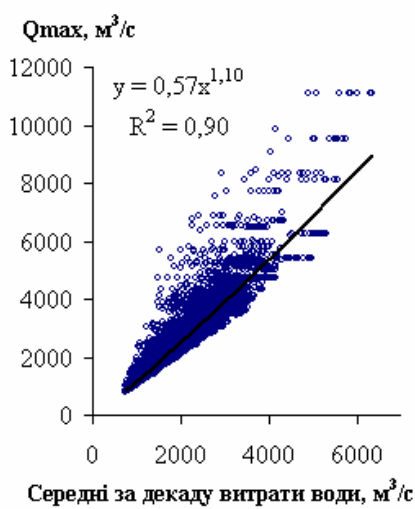


Рис. 7. Залежність $Q_{\max} = f(Q_{t+10})$, р. Дунай – Кіншток, 1980-2003 рр.

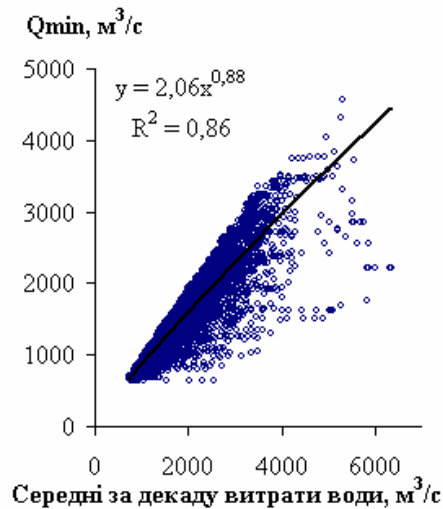


Рис. 8. Залежність $Q_{\min} = f(Q_{t+10})$, р. Дунай – Кіншток, 1980-2003 рр.

Отформатовано: По ширине
Отформатовано: По ширине

В окремих випадках відбувається значне заниження прогнозних значень максимальних за декаду витрат води (рис. 7) та значне завищення прогнозних значень мінімальних витрат води (рис. 8).

Оцінку якості розроблених методик прогнозування середніх, максимальних та мінімальних за декаду витрат води гідропоста Кіншток виконано згідно з [9, 10], результати наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Показники якості методик прогнозування середніх, максимальних та мінімальних за декаду витрат води гідропоста Кіншток

	S/σ	Коефіцієнт кореляції	Забезпеченість допустимої похибки (методики прогнозу), %	Категорія якості методики
Q_{t+10}^K	0,48	0,88	88	добра
Q_{\max}^K	0,40	0,95	94	добра
Q_{\min}^K	0,43	0,93	92	добра

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Врахування опадів, які випадають на територію басейну Верхнього Дунаю за період завчасності прогнозу, призвело до відчутного покращення регресійної залежності для прогнозування середніх за декаду витрат води гідропоста Кіншток.

2. Незважаючи на значну зарегульованість водного стоку Верхнього Дунаю численними гідроспорудами, отримані залежності для прогнозування середніх, максимальних та мінімальних за декаду витрат води гідропоста Кіншток мають «добру» категорію якості (за залежними даними), що дозволяє рекомендувати їх до використання в оперативній роботі ДГМО після відповідного випробування.

3. Розроблення та оновлення методик прогнозування декадних характеристик стоку води також необхідно виконати і для прогнозпунктів Середнього та Нижнього Дунаю.

* *

1. Розробити методики прогнозування декадних рівнів (витрат) води (середніх, максимальних, мінімальних) р. Дунай від Регенсбургу до гирла із завчасністю 10-15 діб. Звіт про НДР (наук. кер. А.В. Щербак) / УкрНДГМІ. – № д.р.0198U005277. – К. – 1998. – 34 с.

2. Розробити методики прогнозування місячних (середніх, максимальних, мінімальних) рівнів/витрат води р. Дунаю від Регенсбургу до гирла. Звіт про НДР (наук. кер. А.В. Щербак) / УкрНДГМІ. – № д.р. 0100U000576.– К. – 2000. – 57 с.
3. Створити автоматизовану систему оперативного інформаційного забезпечення та прогнозування декадних і місячних рівнів/витрат води на р. Дунай. Т. 2. Звіт про НДР (наук. кер. М.М. Сосєдко) / УкрНДГМІ. – № д.р. 0101U003781. – К. – 2002. – 36 с.
4. Методичний і технологічний супровід випробування та впровадження в оперативну діяльність виробничих установ гідрометслужби розроблених та модернізованих прогностичних систем і методик. Звіт про НДР (наук. кер. М.М. Сосєдко) / УкрНДГМІ. – № д.р. 0109U008799. – К. – 2011. – 181 с.
5. Дунай и его бассейн. Гидрологическая монография. Текст. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Ч. 1. – 396 с.
6. Дунайська комісія / www.danubecommission.org.
7. Руководство по гидрологическим прогнозам. Краткосрочный прогноз расхода воды на реках. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Вып. 2. – 246 с.
8. *Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В.* Гидрологические прогнозы. – Л.: РГГМУ – 2007. – 140-169 с.
9. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування. – К.: ПП „Верлан”, 2012. – 120 с.
10. *Бефани Н.Ф., Калинин Г.П.* Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 390 с.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*

Б.Ф. Христюк

Прогнозирование средних, максимальных и минимальных за декаду расходов воды на Верхнем Дунае

На основе метода прогноза стока по данным о запасе воды в русловой сети бассейна и о притоке воды в речную сеть разработаны зависимости для прогнозирования средних, максимальных и минимальных за декаду расходов воды на Верхнем Дунае.

Ключевые слова: расход воды, запас воды, зарегулированность стока, гидроузлы, мультиколлинеарность.

B.F. Khrystyuk

The forecasting of the average, maximum and minimum for a ten-day period of water discharges on Upper Danube

On the basis of forecast method of runoff on the data about the water storage in the river-bed network and about the inflow of water in a river network the dependences are carried out for the forecasting of average, maximum and minimum for a ten-day period of water discharges on Upper Danube.

Keywords: water discharge, water storage, river runoff regulation, hydroelectric plants, multicollinearity.