

УДК 556.532

КИНДЮК Б.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ РУСЛОВИХ ЗАПАСІВ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ВИСОКИХ ЗЛИВОВИХ ПАВОДКІВ

Постановка проблеми. Розрахунки величин об'ємів води в річковій мережі і розподілу її територією водозборів є однією з найважливіших проблем географічної науки. З вирішенням цього питання пов'язані підрахунки водного балансу басейну річки, припливу води до гідротехнічних споруд, а також прогнози стоку в часі.

Аналіз останніх публікацій і досліджень. Питання, пов'язані з підрахунками об'ємів води в русловій мережі, розроблялись науково-дослідними установами колишнього СРСР в 60-х – 70-х роках минулого сторіччя. Великий вклад в дослідження цієї тематики внесли: А.В.Огієвський [3,7], В.І.Сапожников [8], Г.П.Калінін [1], Р.А.Нежиховський [7], І.А.Железняк [3] та його учні: А.І.Шерешевський, В.П.Молодих, Л.Б.Бишовець. На жаль, всі ці дослідження стосуються весняних повеней і не торкаються підрахунків руслової місткості в періоди проходження зливових паводків. Стосовно них питання розрахунку об'ємів води в русловій мережі є своєрідною “білою плямою” в цьому розділі географічної науки. Виняток складають роботи В.М.Лило [6] та його учнів, які підраховували в 70-х роках минулого сторіччя величини руслової місткості окремих річок Сибіру та Далекого Сходу.

Інша особливість цієї проблеми полягає в тому, що всі ці дослідження базувались на визначенні руслової місткості за допомогою морфометричних даних або витрат води за період спадної частини гідрографа [3].

В 50-х роках минулого сторіччя з'явилися методи гідрографічної індикації, які дозволяють враховувати ієрархію річкових систем і виконувати її кількісну оцінку. На базі цих досліджень Ю.В.Горбунов [2] запропонував новий метод підрахунку запасів води в річковій мережі, оснований на бонітуванні водостоків за схемою М.О.Ржаніцина, і застосував його для дослідження процесу формування весняних повеней рівнинних річок Росії.

Ціллю роботи є: 1) дослідити можливість застосування для розрахунків об'ємів води в періоди проходження високих зливових паводків на річках Українських Карпат методу, запропонованого Ю.В.Горбуновим; 2) вивчити динаміку розподілу руслових запасів в часі і по території водозбору.

Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням одержаних наукових результатів. В раніше опублікованих роботах автора [5] виконана ідентифікація гідрографічної мережі р.Ріка. так, рівень її ієрархії до смт.Міжгір'я

виявився рівним п'яти, по кожному з цих рівнів підраховане число приток S_i , їх середні довжини $\bar{L}_i$, а по цих величинах визначені коефіцієнти біфуркації σ_0 і довжин λ_0 . У розпорядженні автора опинились унікальні матеріали спостережень за ходом рівнів води H_i у період проходження визначного зливого паводка в листопаді 1998р. Виходячи з цих даних, по поперечних профілях водотоків будувались залежності між площами живого перерізу ω_i і рівнями води. Всього на території ЗВБС вдалось зібрати дані по 12 гідрометричних створах, а їх основні морфометричні та гідрографічні параметри наведені в табл.1.

Таблиця 1. – Основні гідрографічні, морфометричні показники малих річок ЗВБС, характеристики листопадового паводка 1998р.

	Річка - пункт	Площа водозбору F, км ²	Довжи на річки L, км	Уклон I, ‰	Порядок водотоку П _i	Паводок 3 – 3.10.1998р.		
						максимальний		
						витрата води Q, м ³ /с	модуль стоку M, (м ³ /с)км ²	площа живого перерізу, ω_m , м ²
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Пилипець – с.Подобець	7,8	3,2	47,5	1	21,6	2,76	4,64
2	Студений – с.Верхній Студений	8,0	2,0	56,6	2	34,2	4,27	10,4
3	Браніще – с.Лопушне	10,3	4,8	66,6	1	16,5	1,6	3,32
4	Лопушна – с.Лопушне (верх)	13,2	5,4	96,3	2	20,09	1,52	12,6
5	Площанка – с.Пилипець (нижнє)	19,9	9,2	91	2	35,9	1,8	14,2
6	Студений – с.Нижній Студений	25,4	7,5	31,6	3	38,0	1,5	46,0
7	Лопушна – с.Лопушне (нижнє)	37,2	9,4	63,2	3	27,2	0,73	31,8
8	Пилипець – с.Пилипець	44,2	6,2	41,1	2	68,3	1,54	14,6
9	Голятинка – с.Майдан	86,0	18	23,4	3	80,3	0,933	27,8
10	Ріка – с.Верхній Бистрий	165	15	40	4	119	0,721	62,4
11	Репинка – с.Репіно	203	22	14,4	4	342	1,7	94,4
12	Ріка – смт Міжгір'я	550	28	24,3	5	580	1,05	184

Так, площі водозборів (F) досліджуваних річок змінюються від 7,8км² у струмка

Пилипець – с.Подобець до 550км² у р.Ріка – смт Міжгір'я, довжина - від 2,0км у струмка Студений – с.Верхній Студений до 28км у р.Ріка – смт Міжгір'я. Значний діапазон змін уклонів русел водостоків – від 14,4‰ у р.Репинка – с.Репино до 96,3‰ у струмка Лопушна – с.Лопушне.

Ідентифікація річкової мережі р.Ріка показала наявність на цьому водозборі серед річок, де ведуться спостереження за стоком, двох водостоків I-го порядку, чотирьох – II-го, трьох – III-го рівня ієрархії, двох – IV-го і одного водостоку V-го (табл.1). По всіх 12-ти пунктах спостережень вдалось зібрати дані про величини максимальних витрат води $Q_{\max}$ за період проходження цього паводка. Їх числові значення змінюються від 16,5м³/с на струмку Браніще – с.Лопушне до 580м³/с у р.Ріка – смт Міжгір'я. Однак більш показовим є розподіл модулів максимального зливого стоку $M_i=Q_i/F$. Так, на струмку Студений біля с.Верхній Студений величина цієї характеристики перевищила всі раніше зафіксовані значення за майже 56-річний період спостережень у цьому районі і склала 4,27м³/скм² (табл.1). Досить високими виявились модулі зливого стоку на струмку Пилипець – с.Подобець - $M_{\max}=2,7\text{м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2$, а в цілому із 12 пунктів у дев'яти величини $M_{\max}$ перевищили 1,5м³/скм².

Дані про хід рівнів води за період цього паводка дозволили, використовуючи графіки зв'язку $\omega_i = f(H_i)$, одержати інформацію щодо динаміки площ живого перерізу водостоків у часі. По них виконане визначення величин $\omega_{\max}$ у момент проходження максимальної витрати води, яка змінювалась від 3,32м² у струмка Браніще – с.Лопушне до 184м² на р.Ріка – у смт Міжгір'я.

Для розрахунку об'єму води в річковій мережі Ю.В.Горбунов [2] запропонував метод, оснований на врахуванні її ієрархічної будови. Фізичний зміст ідеї цього автора полягає в тому, що при виконанні ідентифікації гідрографічної мережі можна оперувати середніми значеннями основних морфометричних характеристик по кожному з рівнів ієрархії. Наявність таких зв'язків доведена Ю.В.Горбуновим [2] на прикладі р.Ока за даними про весняний паводок 1963р. Для розрахунку об'ємів води (W_i) рекомендується формула:

$$W_i = l_1 S_1 \omega_1 + l_2 S_2 \omega_2 + \dots + l_k S_k \omega_k = \sum_{i=1}^k l_i S_i \omega_i, \quad (1)$$

де l_i – середня довжина водотоку порядку K , ω_i – середня площа живого перерізу річок порядку K , S_i – число водотоків всередині конкретного рівня ієрархії K . Цей же принцип застосований автором пропонованої роботи для дослідження стоку на водозборі р.Ріка за період листопадового дощового паводка 1998р. Порядок розрахунку величин W_i за формулою (1) такий. На кожен інтервал часу з початку паводка підраховуємо величини середньої площі живого перерізу $\bar{\omega}_i$ по водпостах, які відносяться до кожного з 5-ти рівнів ієрархії Π_i . Перемножуючи величини S_i та на їх середню різницю довжин Δl_i , одержуємо об'єм води W_i , який знаходиться в річковій мережі на кожен інтервал часу. Такі розрахунки виконані при $\Delta t=4\text{год.}$ з початку проходження паводка, тобто з 20⁰⁰ 3.11.1998р. до 16⁰⁰ 8.11.1998р. Максимальне значення W_i припало на 4⁰⁰ 5.11.1998 і склало 5,81млн.м³ (10,6мм), далі настав досить інтенсивний спад паводка, який триває до 4⁰⁰ 9.11.1998р.

Загальний об'єм води, який пройшов через гідро створ – смт Міжгір'я склав

66,0млн.м³ або 120мм. За період підйому паводка величина $W_{\text{під}}$ виявилась рівною 27,9млн.м³ або 50,7мм, а в його спадній частині об'єм склав 38,1млн.м³ або 62,2мм. Важливою характеристикою форми графіка припливу є коефіцієнт несиметричності K_S , який являє собою співвідношення:

$$K_S = W_{\text{під}} / W_{\text{заг}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де $W_{\text{заг}}$ – сумарний об'єм води за період паводка.

Величина цього коефіцієнта склала 42,3%, що дозволяє зробити висновок про значну несиметричність паводкової хвилі цього природного явища.

Великий науковий і практичний інтерес являє собою дослідження процесу розподілу дощової води всередині річкової системи по порядках водостоків. Такі розрахунки виконані окремо за періоди підйому, спаду і в цілому за весь листопадовий паводок 1998р. На басейні р.Ріка – смт.Міжгір'я (табл.2).

Таблиця 2. – Розподіл об'ємів води, яка знаходиться на водозборі р.Ріка до смт Міжгір'я, за період листопадового паводка 1998р. По порядках водостоків і різних фазах.

Розрахунковий період	Порядок водотоку					Сумарна кількість води W млн.м ³ , %
	I млн.м ³ %	II млн.м ³ , %	III млн.м ³ , %	IV млн.м ³ , %	V млн.м ³ , %	
1	2	3	4	5	6	7
Підйом (з 20 ⁰⁰ 3.11.98р. до 4 ⁰⁰ 5.11.98р.)	4,46 16	3,63 13	3,35 12	6,7 24	9,76 35	27,9 42,3
Спад (с 4 ⁰⁰ 5.11.98р. до 16 ⁰⁰ 9.11.98р.)	6,86 18	5,33 14	5,33 14	9,91 26	10,67 28	38,1 57,7
Весь паводок	11,32 17	8,96 13,5	8,68 13	16,61 25	20,43 31,5	66,0 100

Результати цих обчислень показують, що в фазі підйому паводка найбільша кількість води, 9,6млн.м³ або 35%, була в річках V-го рівня ієрархії (табл.2). У водотоках більш низьких порядків величини W склали: P_4 – 24%, P_3 – 12%, P_2 – 13% і P_1 – 16% або в абсолютних одиницях відповідно: 6,7, 3,35, 3,63 і 4,46млн.м³. На фазі спаду можна помітити деякий перерозподіл величин W . Так, зменшується об'єм води в річках V-го порядку з 35 до 28%. З іншого боку збільшується об'єм води в річках більш низьких рівнів ієрархії: у водотоках IV-го порядку з 24 до 26%, III-го з 12 до 14%, II-го з 13 до 14% і I-го з 16 до 18% (табл.2).

Так картина має своє фізичне пояснення, яке полягає в тому, що в першій фазі паводка відбувається накопичення води і тут велика роль потоків вищих рівнів ієрархії. Фаза спаду звичайно значно довша за часом, ніж фаза підйому, і стік з малих річок, розташованих, як правило, на більш віддаленій відстані, ніби “підтримує” рівень води в замикальному створі після проходження максимуму. Цим пояснюється зростання ролі малих річок у фазі спаду, тому що об'єм води у їхніх руслах стає порівняним з величинами W , які містяться в річках вищих порядків.

Результати цих розрахунків дозволяють сформулювати ряд важливих відмінностей, які спостерігаються в процесах формування весняних повеней і зливових паводків. Так, за даними Ю.В.Горбунова [2], роль водостоків нижчих порядків при

проходженні весняних повеней не перевищує 1-2%. У зливових паводків спостерігається зовсім інша картина в розподілі об'ємів води. На прикладі листопадового паводка 1998р. Чітко простежується досить вагома роль малих водостоків. Дані таблиці 2 показують, що тільки в річках I і II-го рівнів ієрархії містилось 30,5% води від її загального об'єму. Ці висновки співпадають з результатами аналогічного дослідження, виконаного М.С.Караєвим і Н.І.Лобановою [4] для однієї з річок Далекого Сходу – р.Уссурі.

Це означає необхідність врахування ролі стоку малих річок при оцінці водних ресурсів території, особливо в такому паводконебезпечному районі, яким є Українські Карпати.

Висновки.

1. Виконано відновлення величин площ живого перерізу водостоків у період листопадового паводка 1998р.
2. Доведена можливість застосування методики Ю.В.Горбунова для розрахунку об'ємів води, яка міститься в річковій мережі при проходженні високих зливових паводків.
3. Досліджений розподіл води в річках різних рівнів ієрархії.
4. Доведена необхідність врахування об'ємів води, які містяться у водостоках низьких порядків, при розрахунку характеристик зливових паводків.

Задачею подальших досліджень є перевірка одержаних висновків на більш широкому матеріалі та виконання розрахунків ординат графіків припливу води в річкову мережу.

1. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. Л. Гидрометиздат, 1965. – 440с.
2. Горбунов Ю.В. Расчёт запаса воды в речной сети на основе морфометрических закономерностей её строения. Метеорология и Гидрология №2, 1971. – с.57-68.
3. Железняк И.А. Русловая ёмкость, водоотдача речного бассейна и гидрограф половодья малой реки. Труды Укр НИГМИ, - М., вып.80, 1969. – с.3-23.
4. Карасев М.С., Лобанова Н.И. Строение и водоносность речной сети Дальнего Востока. Труды ДВНИГМИ, вып.88, 1981. – 135с.
5. Киндюк Б.В. Гидрографическая сеть и паводочный сток рек Украинских Карпат. Одесса, «ТЭС», 2003. – 221с.
6. Лыло В.М., Мельникова З.Д. Прогноз объема и максимального стока малых рек. Труды ДВНИГМИ, вып.31, 1970. – с.34-65.
7. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. Л., Гидрометеиздат, 1971. – 476с.
8. Сапожников В.И. Прогнозы стока в бассейне р.Волги по русловым запасам и притоку в речную сеть. Гидрометеиздат. М., 1960. - 289с.

Results of research of distribution on territory and in time of stocks of water in a river network are resulted at passage of the high storm high water past in November, 1998 on Zakarpate.