

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВОДИ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК БАСЕЙНУ СТИР

Коноваленко О.С¹., Дутко В.О²., Василенко Є.В².

¹*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

²*Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ*

Ключові слова: максимальний стік, шар стоку, модуль стоку, просторовий розподіл

Актуальність теми. Як відомо, у прикладній гідрології стокові характеристики визначаються або безпосередньо за матеріалами гідрометричних спостережень при достатньої їх тривалості, або за відсутності чи недостатній кількості даних гідрометричних спостережень застосовують непрямі методи, один з поширеніших полягає у визначенні характеристик стоку води за картами ізоліній. На сьогодні використовуються карти, що були створені ще за радянських часів, основним недоліком яких є їх дрібномасштабність [9], що не дозволяє з потрібною точністю деталізувати інформацію про стік води (середньорічний, сезонний, максимальний, мінімальний) для конкретних водозборів території України. Створення таких регіональних або басейнових карт просторової зміни стокових характеристик набуває актуальності щодо їх практичного застосування та фундаментального значення при вирішенні таких питань як оцінка небезпеки максимального стоку при проходженні паводків, водопіль, раціональне використання водних ресурсів та ін. В роботі висвітлено підходи щодо картування характеристик максимального стоку весняного водопілля на прикладі басейну р. Стир з застосуванням сучасних аналітичних ГІС, які виконують різні види інтерполяцій, та дозволяють швидко і якісно створювати карти розподілу стокових характеристик.

Вихідні дані та виклад основного матеріалу. Об'єктивний аналіз та уявлення про просторовий розподіл стоку можна отримати, якщо:

- аналізувати з метою інтерполяції змінювання витрат води або об'єму стоку вздовж річки від створу до створу, враховуючи при цьому зміну морфометричних характеристик басейнів та гідрометричних показників річки;
- розглядати кількісні характеристики стоку, які в результаті їх визначення не залежать від площі водозбору (шар, модуль або коефіцієнт стоку) і тому їх просторове змінювання можна картувати.

У басейні річки Стир весняне водопілля є найбільш характерною фазою водного режиму, під час якої фіксуються найбільші, часто екстремальні величини річкового стоку [7]. В якості розрахункових характеристик стоку було обрано – максимальні модуль (л/с*км²) та шар стоку води (мм) за весняне водопілля, просторове змінювання яких представляє інтерес як в науковому, так і в практичному відношенні.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т.1(26)

В дослідженні використані дані 7 гідрологічних постів на річках в басейні Стирі [2]. Тривалість розрахункових рядів становить 45-65 років.

Використовуючи методи математичної статистики [5, 8, 9] для всіх постів проведена оцінка статистичних параметрів вищезгаданих характеристик стоку та визначено за графоаналітичним методом ординати аналітичних кривих розподілу 1, 2, 5 та 10 % ймовірності перевищення (таблиці 1, 2). Відносні середні квадратичні похибки коефіцієнтів варіації досліджуваних рядів знаходяться в допустимих межах (10–15 %).

Таблиця 1. Статистичні параметри та розрахункові шари стоку води за весняну повінь на річках басейну Стирі

Річка - пункт	Площа водозбору, F, км ²	Шари стоку						
		Параметри розподілу			Ймовірності перевищення, %			
		норма	C _v	$\frac{C_s}{C_v}$	1	2	5	10
Стир - Щуровичі	2020	39,0	0,64	2,39	123	109	89	74
Стир - Луцьк	7200	42,0	0,58	2,24	120	106	89	74
Стир - Колки	9050	-	-	-	117	104	87	72
Стир - Полонне	10400	-	-	-	115	103	85	71
Стир - Млинок	10900	39,0	0,58	2,64	115	102	84	70
Радоставка - Трійця	316	47,0	0,58	1,55	128	115	98	84
Іква – Великі Млинівці	632	32,0	0,66	2,83	108	94	75	60

Таблиця 2. Розрахункові максимальні модулі стоку під час весняного водопілля на річках басейну Стирі

Річка - пункт	Площа водозбору, F, км ²	Максимальні модулі стоку ймовірності перевищення, %			
		1	2	5	10
Стир - Щуровичі	2020	156	107	85	58
Стир - Луцьк	7200	122	88	58	40
Стир - Колки	9050	120	87	57	39
Стир - Млинок	10900	117	86	56	38
Радоставка - Трійця	316	178	150	114	90
Іква – Великі Млинівці	632	134	102	85	64

Як видно з таблиці 2, модулі стоку зменшуються зі збільшенням площі водозбору, що є закономірним. Інтенсивне зменшення спостерігається від витоків річки Стир та її приток до г/п Луцьк. Далі за течією до г/п Колки зменшення цієї величини уповільнюється і майже не змінюється до г/п Млинок. Це пояснюється передусім зміною рельєфу місцевості. Абсолютні значення витоків р. Стир та її приток рр. Іква і Радоставка сягають значень 350-250 м БС і приурочені до Волино-Подільської височини. Значні похили місцевості зумовлюють швидке стікання води [1]. Від г/п Луцьк до г/п Колки висотні відмітки майже не змінюються, оскільки розташовані в межах Поліської низовини, яка характеризується незначними похилами місцевості.

Для побудови достатньо надійної карти *шарів стоку* необхідно отримати дані по окремих частинах басейну, оскільки умови формування стоку в різних частинах великого басейну неоднакові [3].

Для подання шарів стоку води у просторовому їх розподілі (у вигляді ізоліній на карті) проводився попередній аналіз та розраховувались їх величини з площ, які містяться між гідрометричними постами (з проміжних площ за довжиною річок) [6]. Визначення проміжних площ та шарів стоку води з них проведено для всіх створів на р. Стир та її притоках для 1 % ймовірності перевищення (табл. 3).

Таблиця 3. Розрахунок проміжних площ та шарів стоку води за весняне водопілля 1 %-ї ймовірності перевищення з проміжних площ на річках басейну Стирі

Річка-пост	Площа - F, км ²	Проміжна площа - ΔF, км ²	Шар стоку за весняне водопілля (P=1 %) - h, мм	Шар стоку води за весняне водопілля (P=1 %) з проміжної площі - Δh, мм
1. $\Delta h = (h_{\text{Щуровичі}} * F_{\text{Щуровичі}} - h_{\text{Трійця}} * F_{\text{Трійця}}) / \Delta F$				
р.Радоставка – с. Трійця	316		128	
		1704		122
р. Стир – с. Щуровичі	2020		123	
2. $\Delta h = (h_{\text{Луцьк}} * F_{\text{Луцьк}} - h_{\text{Великі Млинівці}} * F_{\text{Великі Млинівці}} - h_{\text{Щуровичі}} * F_{\text{Щуровичі}}) / \Delta F$				
р.Іква – с. Великі Млинівці	632		108	
р. Стир – с. Щуровичі	2020		123	
		4548		120
р. Стир – м. Луцьк	7200		120	
3. $\Delta h = (h_{\text{Колки}} * F_{\text{Колки}} - h_{\text{Луцьк}} * F_{\text{Луцьк}}) / \Delta F$				
р. Стир – м. Луцьк	7200		120	
		1850		105
р. Стир – с. Колки	9050		117	
4. $\Delta h = (h_{\text{Млинок}} * F_{\text{Млинок}} - h_{\text{Колки}} * F_{\text{Колки}}) / \Delta F$				
р. Стир – с. Колки	9050		117	
		1850		105
р. Стир – с. Млинок	10900		115	

Отримані результати. Деякі різновиди дискретних даних спеціально подають у вигляді безперервних, підкреслюючи зміну кількісного показника зі зміною місця. Так, можна створити карти розподілу шару стоку різної ймовірності перевищення, інтерполюючи точки по усім гідрологічним постам, що розташовані безпосередньо на водозборі та поза його межами. В такому випадку використовується спосіб інтерполяції значень між двома (і більше) точками спостереження з метою визначення стоку в третьому пункті, що розташований між ними. Зазвичай використовують два-три опорних пости. При майже однорідному рельєфі (як, наприклад, басейн річки Стир) використовується пряма лінійна інтерполяція.

Для створення карт просторового розподілу шарів стоку та модулів стоку води весняного водопілля для річок басейну р. Стир використана програма ArcGIS та її метод інтерполяції «сплайн» [4], за яким розраховується значення клітинок на основі математичної функції, що мінімізує кривизну поверхні, розраховуючи найбільш рівну поверхню таким чином, щоб вона проходила через всі задані точки.

Методи сплайн-апроксимації знайшли широке поширення у всьому світі. Цей метод краще застосовувати для поверхонь, що плавно змінюються, таких як поверхня гладкого рельєфу, води в річці або концентрації забруднюючих речовин. Він менш ефективний при значних змінах параметрів на короткому інтервалі. Метод сплайн-апроксимації у більшості випадків дає непогані результати, навіть коли щільність опорних точок зовсім невелика. У випадку великого розсіювання значень параметру метод потребує початкового згладжування. Недоліком є те, що у деяких випадках з'являються осциляції (різкі піки та западини). Урахування цих особливостей дає можливість успішно застосувати сплайни при моделюванні таких відносно спокійних явищ, як поверхня ґрунтових вод, коли кількість похідних точок на ділянці часто вимірюється одиницями, поверхня розподілу температури, вологості, природного радіаційного фону тощо. Типовим прикладом поверхонь такого ж типу є водна поверхня річки рівнинного типу, якій властиві плавні та відносно невеликі зміни похилу, а також повна відсутність аномальних явищ.

Створивши поверхню сплайн максимальних модулів весняного водопілля 1 % ймовірності перевищення, створювались ізолінії, які з'єднували однакові значення цих величин.

На основі отриманих даних на карту басейну річки Стир у межах України (масштабом 1: 200 000) були нанесені значення шарів та максимальних модулів стоку весняного водопілля 1 %-ї ймовірності перевищення, а також проведена інтерполяція значень стоку за довжиною р. Стир та її приток (рис. 1, 2). Для надійності побудови використані матеріали по гідрологічних постах суміжних басейнів р. Горинь (г/п Ямпіль, г/п Деражне, г/п Оженін), р. Стохід (г/п Малинівка, г/п Любешів).

При проведенні ізоліній досліджуваних характеристик проводився аналіз фізико-географічних особливостей досліджуваного басейну.

Відношення шарів та модулів стоку води 1 %-ї ймовірності перевищення до відповідних величин інших ймовірностей – 2, 5, 10 % є досить стійким, що дозволило визначити перехідні коефіцієнти між ними (табл. 4, 5).

Аналізуючи таблиці 4 і 5, бачимо, що значення перехідних коефіцієнтів є більш стабільними у середньої та нижньої течії річки, де висоти водозборів не перевищують 240 м. Для верхів'їв річок досліджуваного басейну з висотами близько 300 м величини перехідних коефіцієнтів є дещо більшими.

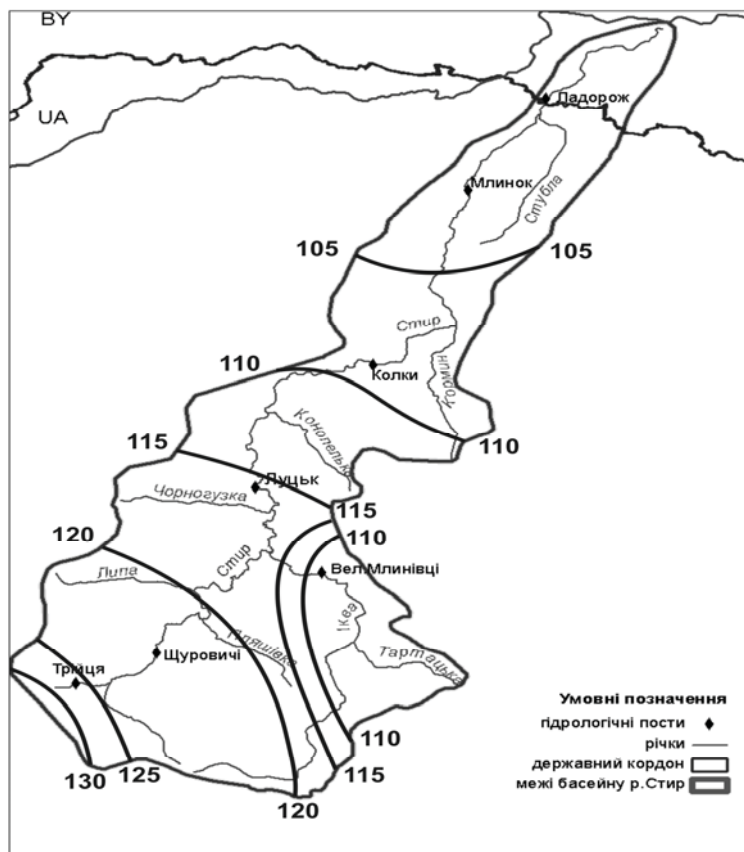


Рис.1. Карта розподілу шарів стоку стоку весняного водопілля 1 % ймовірності перевищення в басейні р. Сtir.

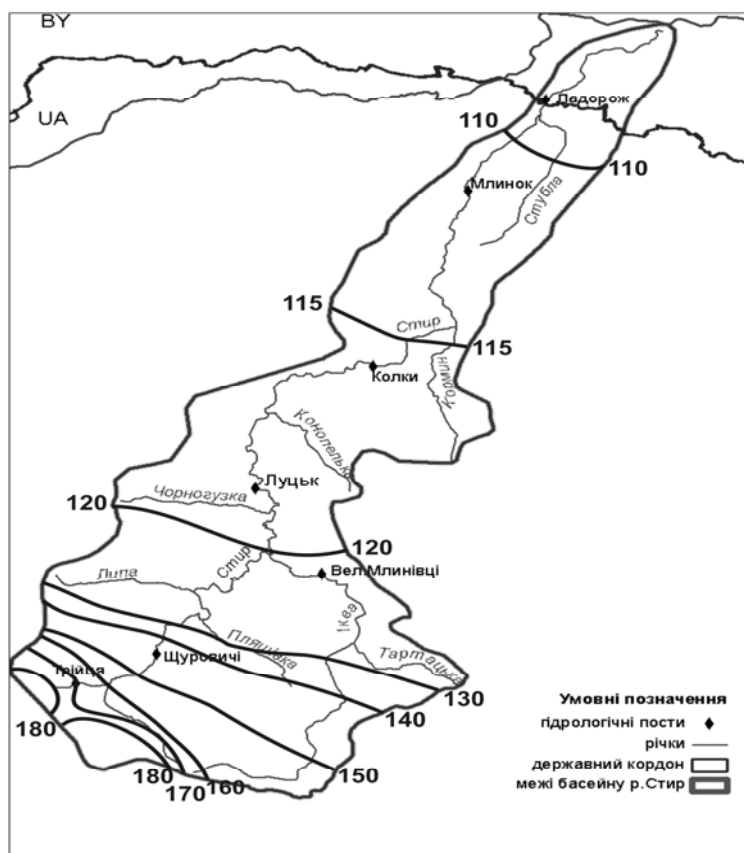


Рис.2. Розподіл максимальних модулів стоку весняного водопілля 1 % ймовірності перевищення в басейні р. Сtir.

Таблиця 4. Значення перехідних коефіцієнтів від шарів стоку води за весняне водопілля 1 %-ї ймовірності перевищення до їх величин інших забезпеченостей

Басейн річок	Перехідні коефіцієнти для ймовірностей перевищення, %			
	1	2	5	10
Стир – Щуровичі	1,00	0,89	0,72	0,60
Стир – Луцьк	1,00	0,88	0,74	0,62
Стир – Колки	1,00	0,89	0,74	0,62
Стир – Полонне	1,00	0,90	0,74	0,62
Стир – Млинок	1,00	0,89	0,73	0,61
Радоставка – Трійця	1,00	0,90	0,77	0,66
Іква – Великі Млинівці	1,00	0,87	0,69	0,56

Таблиця 5. Значення перехідних коефіцієнтів від максимальних модулів стоку за весняну повінь 1 %-ї ймовірності перевищення до їх величин інших забезпеченостей

Басейн річок	Перехідні коефіцієнти для ймовірностей перевищення, %			
	1	2	5	10
Стир – Щуровичі	1,00	0,69	0,54	0,37
Стир – Луцьк	1,00	0,72	0,48	0,33
Стир – Колки	1,00	0,73	0,48	0,33
Стир – Млинок	1,00	0,74	0,48	0,32
Радоставка – Трійця	1,00	0,84	0,64	0,51
Іква – Великі Млинівці	1,00	0,76	0,63	0,48

Висновки. З метою відображення просторового розподілу максимального весняного стоку для річок басейну Стир обраховано шар та максимальний модуль стоку води весняного водопілля 1 %-ї ймовірності перевищення та визначені перехідні коефіцієнти до величин 2, 5, 10 % забезпеченостей даних характеристик.

За отриманими даними побудовані карти розподілу шарів та максимальних модулів стоку води за весняне водопілля 1 %-ї забезпеченості з використанням програми ArcGIS із застосуванням методу сплайн-апроксимації.

Виявлено, що найбільш щільно ізолінії стоку води весняного водопілля в басейні р. Стир пролягають саме у верхній частині водозбору, що характеризується більш значними перепадами висот, в порівнянні з рештою територією басейну.

Список літератури

1. Закономірності внутрішньорічного розподілу стоку річки Стир та особливості його змін / [Є. В. Василенко, В. О. Дутко, О. С. Коноваленко, К. Ю. Данько] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 1(22). – С. 80-87.
2. Вишневський В. І. Гідрологічні характеристики річок України / Вишневський В.І., Косовець О.О. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
3. Горбачова Л.О. Просторове узагальнення норм річного стоку води/ Л.О. Горбачова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 18. – С. 107-112.
4. Ішук О.О. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС / [Ішук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Є.], за ред. Д. М. Гродзинського. – К. : Вид-во. КНУ, 2001. – 252 с.
5. Клибышев К.П. Гидрологические расчеты./ Клибышев К. П., Горошков И. Ф. – Л. : Гидрометиздат, 1970. –

460 с. 6. *Линслей Р.К.* Прикладная гидрология./ Линслей Р. К., Колер М. А., Паулюс Д. Л. Х. – Л. : Гидрометеиздат, 1962. – 758 с. 7. *Набиванец Ю.Б.* Высокие половодья и паводки в бассейне реки Стырь/ Ю.Б. Набиванец, Л.А. Горбачёва, В.Н. Корнеев // Труды УкрНИГМИ. – 2010. – Вып. 259. – С. 217-230. 8. Определение расчетных гидрологических характеристик СНиП 2.01.14-83. – М.: Госкомстройительства СССР, 1983. – 97 с. 9. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.

Просторовий розподіл максимального стоку води весняного водопілля річок басейну Стир

Коноваленко О.С., Дутко В.О., Василенко Є.В.

З метою відображення просторового розподілу максимального весняного стоку для річок басейну Стир побудовані карти розподілу шарів та максимальних модулів стоку води за весняне водопілля 1 % ймовірності перевищення. Визначені перехідні коефіцієнти до величин 2, 5, 10 % забезпеченостей.

Ключові слова: максимальний стік, шар стоку, модуль стоку, просторовий розподіл.

Пространственное распределение максимального стока воды весеннего половодья рек бассейна Стыри

Коноваленко О.С., Дутко В.О., Василенко Е.В.

С целью отображения пространственного распределения максимального весеннего стока для рек бассейна Стырь построены карты распределения слоев и максимальных модулей стока воды за весеннее половодье 1 % вероятности превышения. Определены переходные коэффициенты к величинам 2, 5, 10 % обеспеченостей.

Ключевые слова: максимальный сток, слой стока, модуль стока, пространственное распределение.

Spatial distribution of maximal spring runoff of the Styr Basin Rivers

Konovalenko O., Dutko V., Vasylenko E.

In order to show the spatial distribution of the maximum spring runoff for the Styr rivers were constructed distribution's maps of the runoff depths and the maximum water runoff modules for the spring runoff of 1% probability. Transitive coefficients to values of 2, 5, 10 % probabilities were calculated.

Keywords: maximal runoff, runoff depth, runoff module, spatial distribution.

Надійшла до редколегії 29.03.12