

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СТОКУ Р. ІРШАВА ЗА ВІДСУТНОСТІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ В РОЗРАХУНКОВОМУ СТВОРІ

Світлана Величко<sup>1</sup>, Олена Дупляк<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
31, Повітрофлотський проспект, Київ, 03037, Україна

<sup>1</sup>канд. тех. наук., velychko.sv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-8848-289X

<sup>2</sup>канд. тех. наук., dupliak.ov@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-3500-5106

DOI: 10.32347/2524-0021.2019.31.1-10

**Анотація.** Останнє десятиріччя в зв'язку з запровадженням «зеленого тарифу» значно зріс інтерес до будівництва малих ГЕС. Для розрахунків встановленої та гарантованої потужності малої ГЕС та економічної ефективності інвестицій необхідно визначити гідрологічні параметри річки, а саме середню багаторічну витрату та витрату в маловодний рік в розрахунковому створі та їх розподіл по місяцям. Перспективними створами є ділянки розташовані в гірській частині басейну річки Тиса Закарпатської області, де гідрометричні пости розташовані нерівномірно, а на малих притоках майже відсутні. Наявні карти розподілу стоку, нормативні рекомендації та регіональні формули ґрунтуються на вихідних даних, накопичених в 1946 – 1980 р.р. та потребують поновлення та подовження рядів. В роботі пропонується методика розрахунку, що дозволяє визначити характерні гідрологічні витрати при відсутності даних спостережень на прикладі річки Іршава, яка є правою притокою річки Боржава басейну Тиси. Для розрахунків встановленої та гарантованої потужності необхідно визначити середню багаторічну витрату та середньорічну витрату 75% забезпеченості та їх розподіл в розрахункових створах з площами водозбору 51,1 км<sup>2</sup> та 71,4 км<sup>2</sup>. Нижче за течією на річці Іршава з 1955 по 1987 р.р. існував гідрометричний пост, який можливо використати як аналог для встановлення гідрологічного режиму в розрахункових створах. Для поставленої мети необхідно привести ряд спостережень на водомірному пості Іршава до багаторічного періоду, що було зроблено за допомогою водомірних постів Довге та Шаланки. В гірській місцевості модуль стоку річок окрім площі водозбору залежить ще і від висотного розташування створу. Для визначення гідрологічних параметрів в створах 1 та 2 була встановлена залежність між модулем стоку та середньою висотою водозбору для водомірних постів, розташованих в басейні річки Боржава та сусідніх басейнах. Середньорічні значення стоку різної забезпеченості були визначені за статистичними параметрами біноміальної асиметричної кривої розподілу, коефіцієнт варіації був розрахований за регіональною залежністю, коефіцієнт асиметрії був прийнятий аналогічно водомірному посту Іршава. Внутрішньорічний розподіл стоку 50% забезпеченості розрахований за відсотковим розподілом стоку середньої багаторічної витрати на водпосту Іршава, в маловодний рік згідно середніх значень в маловодні 1963 та 1983 роки.

**Ключові слова:** басейн річки Боржава, середньорічний стік, маловодний рік, гідроенергетичний потенціал, модуль стоку, висота водозбору.

## ВСТУП

Останнім часом все більше приділяється уваги енергетичній незалежності України та збільшенню частки відновлюваних джерел електроенергії в загальній масі виробленої енергії. Запровадження «зеленого тарифу» значно активізувало будівництво малих гідроелектростанцій на території України. Якщо на 01.01.2012р. «зеленим тарифом» скористалось 31 підприємство малої гідроенергетики з загальною встановленою потужністю 74,88 МВт [1], то на 01.02.2019 перевагами «зеленого тарифу» скористались 69 підприємств із загальною встановленою потужністю 98,92 МВт [2]. Основою розрахунків виробітку електроенергії та економічної ефективності інвестицій в гідроенергетичний вузол є визначення гідрологічних параметрів потоку. Нормативний документ, який би регламентував забезпеченість розрахункових витрат для розрахунку виробітку електроенергії, в Україні відсутній. Європейський досвід рекомендує використовувати середньорічну витрату для визначення номінальної потужності та розраховувати потужність як мінімум за період 15 років з розрахунком потужності 90-95% забезпеченості [3, 4]. В сусідній Білорусії водноенергетичні розрахунки рекомендовано виконувати на середньорічну витрату близьку до багаторічної та перевіряти в умовах недостатності води на витрату маловодного року 75...95% забезпеченості [5].

Отже для виконання водноенергетичних розрахунків необхідно визначити середню багаторічну витрату, витрату маловодного року та їх розподіл протягом року.

Україна має достатньо розвинуту мережу гідрологічних постів, але більшість малих ГЕС будується на малих річках, де відсутні водомірні пости і визначати гідрологічні параметри необхідно використовуючи річки-аналоги. В гірській місцевості модуль стоку річок окрім площі водозбору залежить ще і від висотного розташування створу.

## Мета досліджень

Визначення гідрологічних параметрів стоку, а саме: середньої багаторічної витрати, витрати маловодного року 75% забезпеченості та їх розподіл протягом року для створу на р. Іршава Закарпатської області.

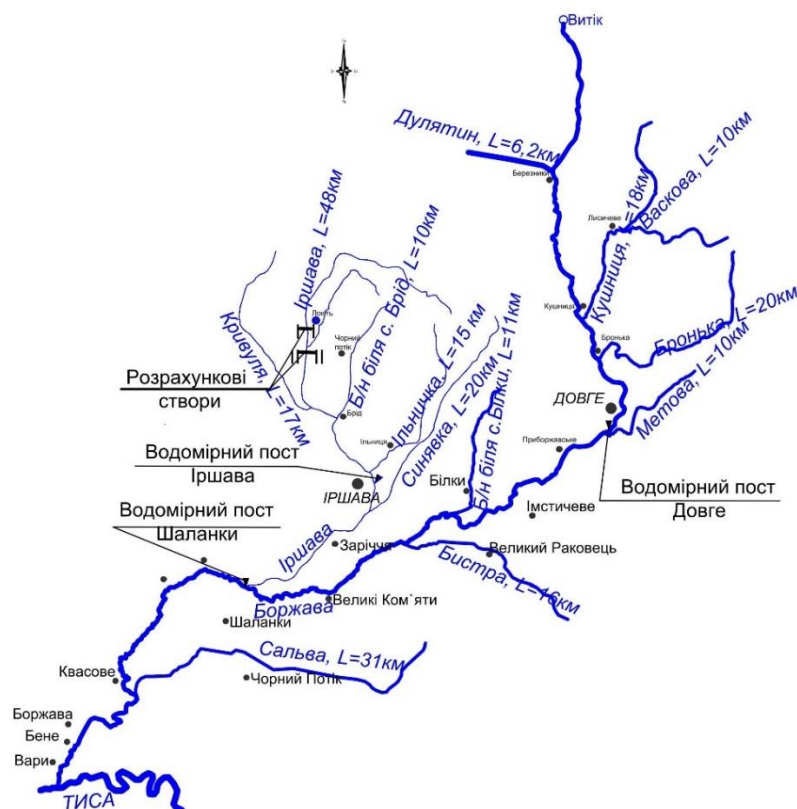
Для поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- встановити особливості формування стоку р. Іршава;
- встановити залежність між модулем стоку та висотним розташуванням створу;
- визначити річку-аналог та статистичні параметри стоку;
- розрахувати середню багаторічну витрату, витрату маловодного року 75% забезпеченості та їх розподіл протягом року.

## Об'єкт досліджень

Річка Іршава є правою притокою р. Боржави. Свій початок вона бере із струмків на схилі гори Бужора і 31 км від гирла впадає в р. Боржаву. Із притоків р. Боржави річка Іршава є найбільшою по площі водозбору та довжині. Довжина річки 48 км, площа водозбору 346 км<sup>2</sup>, середній похил 18 м/км. Основні притоки: праві – р.Кривуля (довжина 17 км) стр. Іршавка (довжина 11 км); ліві – р. Синявка (довжина 20 км), річка Без назви (довжина 10 км), р. Ільничка (довжина 15 км) (рис.1). Крім того, в річку впадають 73 притоки довжиною менше ніж 10 км, загальною довжиною 143 км. Схема розташування розрахункових створів наведена на рис.1, основні гідрографічні характеристики наведені в таблиці 1 [6].

На річці Іршава розташований водомірний пост Іршава, на якому проводились спостереження за витратами води з 1955 по 1987 р. (n = 33 роки), в басейні річки Боржава розташовані ще два водомірні пости с. Довге – з періодом спостережень з 1946 по 2010 р. (n = 61 рік) і пост Шаланки – з періодом 1961 – 1997 р. (n = 37 років) [7, 8].



**Рис. 1.** Схема басейну річки Боржава  
**Fig.1.** Scheme of the Borzhava River basin

**Таблиця 1.** Основні гідрографічні характеристики створів 1 та 2.  
**Table 1.** The main hydrographic characteristics of the site 1 and 2.

№ п/п	Розрахунковий створ	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Довжина річки, км	Середньо-зважений похил річки, м/км	Середня висота водозбору, м	Залісненість, %
1	№1	51,1	18,3	29,8	643	86,3
2	№2	71,4	19,5	29,3	611	82,1

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

При відсутності спостережень гідрологічні параметри визначаються з використанням річок-аналогів [9-12]. Як свідчать наукові дослідження гідрологічного стоку басейну річки Тиса кількість водомірних постів в басейні достатня, ряди є однорідними та репрезентативними [13-18].

Для визначення основних характеристик річкового стоку р. Іршава у розрахункових створах 1 та 2 використано матеріали багаторічних спостережень у створах гідрологічних постів річки Іршава, Боржава та на сусідніх водозборах [6-8].

Із збільшенням висоти гір знижується температура повітря, зростає вологість і збільшується кількість опадів. В горах частіше випадає сніг, ніж в передгір'ях і на

рівнині, більшим є період залягання снігового покриву. Наявність великої кількості долин і ярів впливає на надходження сонячної радіації, зумовлює нерівномірне прогрівання земної поверхні, змінює напрямок і швидкість вітру.

Як свідчать дослідження минулих років [6, 18] та сучасні роботи [14,15, 17,19] в гірській частині Карпат модуль стоку значно змінюється в залежності від висоти водозбору. Для визначення залежно-

сті модулю стоку від висоти розташування водозбору були використані водомірні пости наведені в таблиці 2.

Залежність модулю стоку від висоти водозбору визначена графічно (рис. 2) та описується рівнянням з коефіцієнтом кореляції 0,84:

$$M = 0,0416H - 0,6738,$$

де  $M$  – модуль стоку, л/с·км<sup>2</sup>;  $H$  – середня висота водозбору, м.

Значення модулю стоку для розрахункових створів 1 та 2 наведені в таблиці 4.

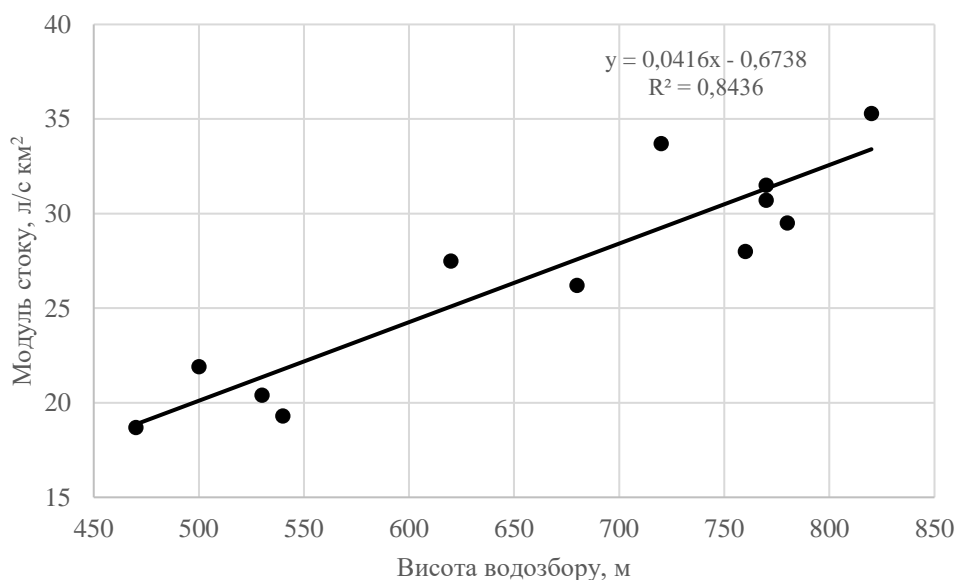


Рис. 2. Залежність модулю стоку від висоти водозбору.

Fig. 2. The function between specific discharge and level of the catchment area

Таблиця 2. Водомірні пости для визначення залежності модулю стоку від висоти водозбору

Table 2. Hydrological station to determine the function of the specific discharge and catchment area level

№ п/п	Річка - водомірний пост	Період спостережень	Висота водозбору м	Площа водозбору км <sup>2</sup>	Середньорічна витрата, м <sup>3</sup> /с	Модуль стоку, л/с· км <sup>2</sup>
1	Боржава – Довге	1946-2010	620	408	11,2	27,5
2	Боржава – Шаланки	1961-1997	470	1100	20,59	18,6
3	Іршава – Іршава	1955-1987	500	230	5,04	21,9
4	Лужанка – Нересниця	1958-1990	770	149	4,69	31,5
5	Рипинка – Рипинне	1948-2010	780	203	5,99	29,5
6	Пилипець – Пилипець	1958-2010	820	44,2	1,49	35,3
7	Латориця – Підполоззя	1949-2010	720	324	9,83	33,7
8	Жденявка – В. Грабовниця	1951-1988	770	150	4,60	30,7
9	Віча – Неліпинне	1960-2010	760	241	6,84	28,0
10	Пініє – Поляна	1952-1988	530	166	3,38	20,4
11	Тур`я – Туря Поляна	1965-1988	680	98,6	2,58	26,2
12	Тур`я – Сімер	1960-2010	540	464	8,97	19,3

Для визначення середньорічного стоку за багаторічний період та в маловодний рік 75% забезпеченості ряди спостережень на р. Іршава були приведені до єдиного синхронного багатолітнього періоду. Аналіз циклічності річного стоку річок басейну р. Боржави показав, що ряди є однорідними, репрезентативними [13], що дозволяє привести ряди стоку на постах с. Шаланки та м. Іршава до єдиного синхронного багаторічного періоду, тобто до 61 року. За даними цих гідрологічних постів побудовано графіки зв'язку середніх річних витрат води за синхронний період спостережень (рис. 3-4).

За допомогою наведених ліній зв'язку і даних про середній річний стік у опорних створах було відновлено річний стік у створах гідрологічних постів Шаланки за період з 1946 по 1960 та 1998–2010 рр. і Іршава за період з 1946 по 1954 та 1989–2010 рр. включно.

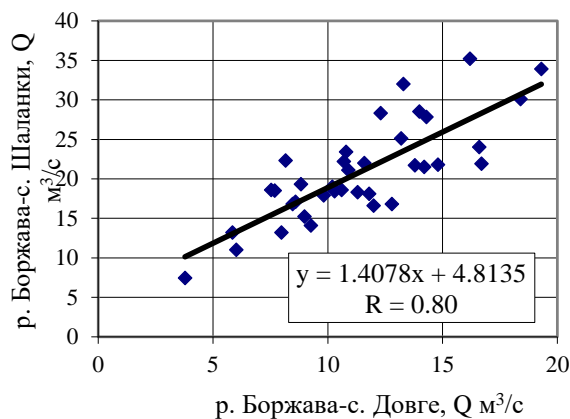
Статистичні параметри кривих забезпеченостей річного стоку р. Іршави у

створі гідрологічного поста м. Іршава і р. Боржави у створах гідрологічних постів с. Довге та с. Шаланки, обчислені за період фактичних спостережень, а також за відновлений багаторічний період, наведено в таблиці 3.

Величини коефіцієнтів варіації річного стоку у розрахункових створах визначено з використанням регіональної залежності коефіцієнту варіації від середньої висоти водозбору, рекомендованої в роботі [14].

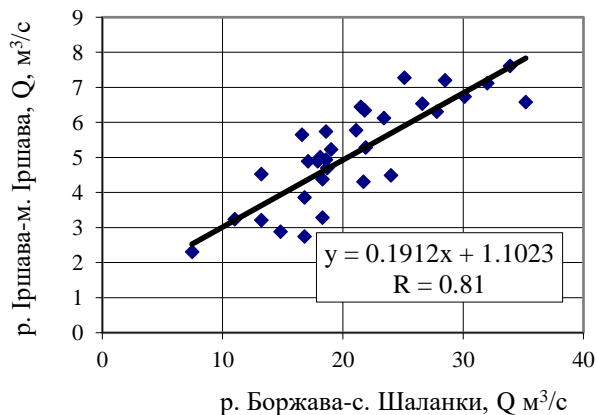
Коефіцієнт асиметрії річного стоку в розрахункових створах прийнято таким же, як і в створі гідрологічного поста м. Іршава, приведеного до багаторічного періоду.

Отримані в результаті розрахунків статистичні параметри та величини середньорічного стоку різної забезпеченості у розрахункових створах наведено в табл. 4.



**Рис. 3.** Графіки зв'язку середніх річних витрат води за синхронний період спостережень р. Боржава с. Шаланки – с. Довге (1961 – 1997р.р.).

**Fig.3.** The diagram of relationship between the mean annual flow on the Borzhava River near Shalanky and Dovhe (1961 - 1997)



**Рис. 4.** Графіки зв'язку середніх річних витрат води за синхронний період спостережень р. Іршава с. Іршава – р. Боржава с. Шаланки (1955 -1987 р.р.).

**Fig. 4.** The diagram of relationship between the mean annual flow on the Irshava River near Irshava and Borzhava River near Shalanky (1955-1987).

**Таблиця 3.** Статистичні параметри річкового стоку на водомірних постах р. Іршава та р. Боржава  
**Table 3.** Statistical parameters of the flow on the hydrological stations of the Irshava and Borzhava Rivers

Річка – гідрологічний пост	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Параметри кривої забезпеченості за період спостережень				Параметри кривої забезпеченості за багаторічний період				
		n	Q, м <sup>3</sup> /с	M <sub>0</sub> , л/с км <sup>2</sup>	коєф. варіації, C <sub>v</sub>	n	Q, м <sup>3</sup> /с	M <sub>0</sub> , л/с км <sup>2</sup>	коєф. варіації, C <sub>v</sub>	коєф. асиметрії C <sub>s</sub>
Іршава – м. Іршава	230	33	5,08	22,1	0,30	61	5,04	21,9	0,28	0
Боржава – с. Довге	408	61	11,2	27,5	0,31	61	11,2	27,5	0,31	0,55
Боржава – с. Шаланки	1100	37	20,8	18,9	0,30	61	20,5	18,6	0,28	0,85

**Таблиця 4.** Статистичні параметри та середньорічний стік в створах 1 та 2 на р. Іршава  
**Table 4.** Statistical parameters and mean annual flow in the sites 1 and 2 on the Irshava River

Розрахунковий створ	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Параметри кривої забезпеченості				Річний стік, м <sup>3</sup> /с, забезпеченістю:		
		норма стоку		C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	50 %	80 %	75 %
		л/с · км <sup>2</sup>	м <sup>3</sup> /с					
Створ 1	51,1	26,0	1,33	0,29	0	1,33	1,00	0,68
Створ 2	71,4	24,5	1,75	0,29	0	1,75	1,32	0,89

Щорічні величини стоку в розрахункових створах за період 1946–2010 рр. повновлені способом суміщення кривих забезпеченостей середньорічного стоку, при якому забезпеченості величин стоку за конкретні роки приймалися однаковими як для розрахункового створу, так і для водпоста-аналога. За аналог прийнято гідрологічний пост м. Іршава на р. Іршава. Місячний стік за цей же період отримано за фактичним розподілом на водпосту-аналогу.

Внутрішньорічний розподіл стоку р. Іршави, яка відноситься до Ужсько-Боржавського підрайону [20], має лімітуючий сезон в літньо-осінній період, що відрізняє її від інших річок Верхньої Тиси. Тому внутрішньорічний розподіл в розрахункових створах в роки різної забезпеченості виконано за схемами розподілу фактичних років по аналогії з розподілом

стоку на гідрологічному посту м. Іршава. Як розрахункові прийнято роки, забезпеченість стоку в яких за рік, лімітуючий період і лімітуючий сезон близькі між собою і приблизно відповідають розрахунковим забезпеченостям. Для року забезпеченістю P = 50 % прийнято схему середнього багаторічного розподілу стоку. Для маловодних років забезпеченістю P = 80 % та P = 75 % прийнято осереднену схему розподілу за 1963 і 1983 маловодні роки.

Прийняті схеми внутрішньорічного розподілу стоку по місяцях у рік ймовірністю перевищення P = 50 % та в маловодні роки (P = 80 % і P = 75 %) наведено в таблиці 5.

Аналіз наведених в таблиці 5 даних показує, що найменші середні місячні витрати води спостерігаються в літньо-осінній період.

**Таблиця 5.** Внутрішньорічний розподіл стоку різної забезпеченості в розрахункових створах 1 та 2  
**Table 5.** Interannual distribution of the flow of different probability on the sites 1 and 2

P, %	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
р. Іршава – створ 1 (F = 51,1 км <sup>2</sup> )													
50 %	1,39	1,84	2,08	2,25	1,36	1,15	0,99	0,71	0,65	0,78	1,23	1,58	1,33
80 %	1,13	1,86	1,46	2,08	1,32	0,47	0,34	0,67	0,60	0,47	0,68	0,99	1,00
75 %	0,77	1,27	0,99	1,41	0,90	0,32	0,23	0,46	0,41	0,32	0,46	0,67	0,68
р. Іршава – створ 2 (F = 71,4 км <sup>2</sup> )													
50 %	1,83	2,42	2,74	2,96	1,79	1,51	1,30	0,93	0,85	1,03	1,62	2,08	1,75
80 %	1,49	2,46	1,93	2,75	1,74	0,63	0,45	0,89	0,79	0,62	0,90	1,30	1,32
75 %	1,01	1,66	1,30	1,85	1,17	0,42	0,30	0,60	0,53	0,42	0,61	0,88	0,89

## ВИСНОВКИ

1. У басейні р. Іршави високі паводки формуються як в теплий, так і в холодний періоди року, мінімальні значення стоку мають місце в літньо-осінній період.

2. В зв'язку з відсутністю спостережень за стоком в розрахункових створах 1 та 2 на р. Іршава для визначення середньої багаторічної витрати була встановлена залежність між модулем стоку та середньою висотою водозбірної площі.

3. Коефіцієнт варіації визначений в залежності від висоти водозбору.

4. В якості створу-аналогу використані дані водомірного посту Іршава, ряди якого подовжені за допомогою водомірного посту Шаланки та Довге.

5. За створом-аналогом встановлено відсоткове співвідношення стоку по місяцям та витрати в середній рік 50% забезпеченості та в маловодний рік 80% та 75% забезпеченості, необхідні для оцінки гідроенергетичного потенціалу створів 1 та 2.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **ПОСТАНОВА № 222** від 28.12.2011 «Про встановлення величин «зелених» тарифів на електричну енергію на січень 2012 року» Інформаційний ресурс НКРЕКП: URL: <http://www3.nerc.gov.ua/?id=2619>
2. **Статистична** інформація щодо об'єктів альтернативної електроенергетики, яким встановлений «зелений тариф» Інформаційний ресурс НКРЕКП: URL: [http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo\\_pidpnyemstva/stat\\_info\\_zelenyi\\_taryf/2019/stat\\_zelenyi-taryf.01-2019.pdf](http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo_pidpnyemstva/stat_info_zelenyi_taryf/2019/stat_zelenyi-taryf.01-2019.pdf)
3. **Guide** on How to Develop a Small Hydropower Plant. European Small Hydropower Association – ESHA 2004. 62 p. URL: [https://energiatalgud.ee/img\\_auth.php/a/ab/Guide\\_on\\_How\\_to\\_Develop\\_a\\_Small\\_Hydropower\\_Plant.pdf](https://energiatalgud.ee/img_auth.php/a/ab/Guide_on_How_to_Develop_a_Small_Hydropower_Plant.pdf)
4. **Hydroelectric** Power. A Guide for Developers and Investors. International Finance Corporation. World Bank Group. Germany. 43p. URL: [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/06b2df8047420bb4a4f7ec57143498e5/Hydropower\\_Report.pdf?MOD=AJPERES](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/06b2df8047420bb4a4f7ec57143498e5/Hydropower_Report.pdf?MOD=AJPERES)
5. **П1-04** к СНиП 2.06.01-86 «Проектирование и строительство малых ГЭС» Минск: Минстройархитектуры. 2005. С. 5.



6. **Ресурсы** поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Западная Украина и Молдавия / Под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат. Т 6. Вып. 1. 1969. 884 с.
7. **Гидрологические** ежегодники. Том 2, выпуск 1. Бассейн Черного моря без бассейнов рек Днепр и Дон. Под редакцией Целинской О.Л. Ленинград: Гидрометеиздат, 1959-1988.
8. **Багаторічні** дані про режим та поверхневих вод суші (за 1981-2000р.р. та весь період спостережень). Том II Україна, випуск 1. Басейн Західного Бугу, Дунаю ресурси, Дністра, Південного Бугу. Київ. 2007.
9. **СНиП 2.01.14-83**. Определение расчетных гидрологических характеристик. Москва. 1985. 47 с.
10. **Пособие** по определению расчетных гидрологических характеристик под редакцией Шмидт Т.С. Ленинград: Гидрометеиздат 1984. 448 с.
11. **Archfield S. A. and Vogel R. M.** Map correlation method: Selection of a reference streamgage to estimate daily streamflow at ungaged catchments. *Water resources research*, VOL. 46, W10513. 2010. PP.1-15 doi:10.1029/2009WR008481
12. **Рождественский А.В., Чеботарев А.И.** Статистические методы в гидрологии Л.: *Гидрометеиздат*. 1974. 423 с.
13. **Горбачова Л.О., Бібік В.В.** Часова однорідність характеристик водного стоку в басейні річки Боржава. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2012. Вип. 262. С. 177-188.
14. **Катинська І. В.** Середньорічний стік і його мінливість на річках Закарпаття. – кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису, Одеса, 2017. 228 с.
15. **Горбачова Л.О., Баужа Т.О.** Динаміка середньорічного стоку води гірських річок (на прикладі водотоків Закарпатської воднобалансової станції). *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2011. вип. 260. С. 175-186.
16. **Снежко С.И., Ободовский А.Г., Лопух П.С.** Долгосрочный прогноз стока горных и равнинных рек для оценки их гидроэнергетического потенциала (на примере Украинских Карпат и Беларуси). *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. Минск. 2017. С.50-61.
17. **Obodovskyi O., Lukianets O.** Patterns and forecast of long-term cyclical fluctuations of the water runoff of Ukrainian Carpathians rivers. *Environmental Research, Engineering and*

- Management*. 2017. Vol 73. No 1. p 33-47. Doi: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.erem.73.1.15799>
18. **Шерешевский А.И., Вишневский П.Ф.** Норма и изменчивость годового стока рек Украины // *Гидробиологический журнал*. 1997. Т.3. С.81-91.
  19. **Ободовський О.Г., Лук'янець О.І., Ковналенко О.С., Корнієнко В.О.** Середній річний водний стік річок Українських Карпат та особливості його територіального розподілу. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Том 4 (43) 2016. С. 25-32.
  20. **Горбачова Л.О.** Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. *Український географічний журнал*. 2015, № 3. С. 16-23. doi: 10.15407/ugz2015.03.016

#### REFERENCES

1. **POSTANOVA № 222** vid 28.12.2011 «Pro vstanovlennia velychyn «zelenykh» taryfiv na elektrychnu enerhiu na sichen 2012 roku» Informatsiinyi resurs NKREKP: URL: <http://www3.nerc.gov.ua/?id=2619> [in Ukrainian].
2. **Statystychna** informatsiia shchodo ob'ektiv alternatyvnoi elektroenerhetyky, yakim vstanovleni «zeleni taryf» Informatsiinyi resurs NKREKP: URL: [http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo\\_pidpnyemstva/stat\\_info\\_zeleni\\_taryf/2019/stat\\_zeleni-taryf.01-2019.pdf](http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo_pidpnyemstva/stat_info_zeleni_taryf/2019/stat_zeleni-taryf.01-2019.pdf). [in Ukrainian].
3. **Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant.** European Small Hydropower Association – ESHA. 2004, p.62. URL: [https://energiatalgud.ee/img\\_auth.php/a/ab/Guide\\_on\\_How\\_to\\_Develop\\_a\\_Small\\_Hydropower\\_Plant.pdf](https://energiatalgud.ee/img_auth.php/a/ab/Guide_on_How_to_Develop_a_Small_Hydropower_Plant.pdf)
4. **Hydroelectric Power. A Guide for Developers and Investors.** International Finance Corporation. World Bank Group. Gemany, p.43. URL: [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/06b2df8047420bb4a4f7ec57143498e5/Hydropower\\_Report.pdf?MOD=AJPERES](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/06b2df8047420bb4a4f7ec57143498e5/Hydropower_Report.pdf?MOD=AJPERES)
5. **P1-04** k SNyP 2.06.01-86 «Proektyrovanye y stroytelstvo malykh HES» Minsk: Ministroiarkhytektury, 2005. P. 5. [in Russian].
6. **Resursy** poverkhnostnykh vod SSSR. Ukrayna i Moldavyia. Zapadnaia Ukrayna i Moldavyia / pod red. M.S. Kahanera. L.: Hidrometeoizdat. – Т 6. – Вып. 1. 1969. 884 p. [in Russian].
7. **Hidrolohicheskie** ezhehodniki. Том 2, выпуск 1. Bassein Chernoho Moria bez basseinov rek Dnepr i Don. Pod redaktsyei



- Tselynskoï O.L. Leninhrad: Hidrometeoizdat, 1959-1988. P. [in Russian].
8. **Bahatorichni** dani pro rezhym ta resursy poverkhnevyykh vod sushi (za 1981-2000r.r. ta ves period sposterezhen). Tom II Ukraina, vypusk 1. Basein Zakhidnoho Buhu, Dunaiu, Dnistra, Pivdennoho Buhu. Kyiv. 2007. P [in Ukrainian].
9. **SNiP 2.01.14-83**. Opredelenie raschetnykh hidrolohicheskikh kharakteristik. Moskva 1985.47 p. [in Russian].
10. **Posobie** po opredeleniu raschetykh hidrolohicheskikh kharakteristik pod redaktsiei Shmydt T.S. Leninhrad: Hidrometeoizdat 1984. 448p. [in Russian].
11. **Archfield S. A. and Vogel R. M. (2010)** Map correlation method: Selection of a reference streamgage to estimate daily streamflow at ungaged catchments. Water resources research, VOL. 46, W10513. p. 1-15. doi:10.1029/2009WR008481
12. **Rozhdestvenskyi A.V., Chebotarev A.Y. (1974)** Statisticheskie metody v hidrolohii. L.: Hidrometeoizdat. 423 p. [in Russian].
13. **Horbachova L., Bibik V. (2012)** Chasova odnoridnist kharakterystyk vodnoho stoku v baseini richky Borzhava. Nauk. pratsi UkrNDHMI, 262. p. 177-188. [in Ukrainian].
14. **Katynska I. V. (2017)** Serednorichnyi stik i yoho minlyvist na richkakh Zakarpattia. – kvalifikatsiina naukova pratsia na pravakh rukopysu, Odesa, 228 p. [in Ukrainian].
15. **Horbachova L., Bauzha T. (2011)** Dynamika serednorichnoho stoku vody hirskykh richok (na prykladi vodotokiv Zakarpatskoi vodnobalansovoi stantsii) Nauk. Pratsi UKRNDHMI, 260. p. 175-186. [in Ukrainian].
16. **Snezhko S.Y., Obodovskyi A.H., Lopukh P.S. (2017)** Dolhosrochnyi prohoz stoka hornykh i ravninnykh rek dlia otsenki ikh hidroenerheticheskoho potentsiala (na primere Ukrainiskikh Karpat i Belarusi). Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology, Minsk, 2017. p. 50-61. [in Russian].
17. **Obodovskyi O., Lukianets O. (2017)** Patterns and forecast of long-term cyclical fluctuations of the water runoff of Ukrainian Carpathians rivers. Environmental Research, Engineering and Management. Vol 73. No 1. - p 33-47. Doi: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ere.m.73.1.15799>
18. **Shereshevskii A.Y., Vyshnevskii P.F. (1997)** Norma i izmenchivost hodovoho stoka rek Ukrainy. Hidrobiolohicheskii zhurnal. 1997. T.3. p. 81-91. [in Russian].
19. **Obodovskyi O.H., Lukianets O.I., Konovalenko O.S., Korniienko V.O. (2016)** Serednii richnyi vodnyi stik richok Ukrainskykh Karpat ta osoblyvosti yoho terytorialnoho rozpodilu. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. Tom 4 (43). p.25-32. [in Ukrainian].
20. **Horbachova L.O. (2015)** Suchasnyi vnutrishnorichnyi rozpodil vodnoho stoku richok Ukrainy. Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal. № 3. p. 16-23. [in Ukrainian]. doi: 10.15407/ugz2015.03.01

### **Estimation of the flow parameters of the Irshava River under absence of hydrological data at the site**

*Svitlana Velychko, Olena Dupliak*

**Abstract.** The last decade the interest in the construction of small hydropower plants has increased in connection with the introduction of the "green tariff". In order to calculate the installed and guaranteed capacity of a small hydroelectric power station and the cost-effectiveness of investments, it is necessary to determine the hydrological parameters of the river, namely the mean annual flow, the flow in dry year and their distribution along year for the construction site. Prospective sites are located in the mountainous part of the Tisza basin of the Transcarpathian region, where hydrometric stations are unevenly located, and almost absent on small tributaries. Available specific discharge maps, regulatory documents, and regional formulas are based on the original data accumulated in 1946-1980 and need to renew and extend the rows. The methodology proposed that allows to determine the necessary hydrological parameters under absence of observation data on the example of the Irshava River, which is the right tributary of the Borzhava River basin of Tisza. To calculate the installed and guaranteed capacity, it is necessary to determine the mean annual flow and annual flow of 75% probability and their

distribution in the construction sites with catchment areas of 51,1 km<sup>2</sup> and 71,4 km<sup>2</sup>. There was hydrometric station downstream of Irshava River from 1955 to 1987 which could be used as an analogue for the hydrological regime estimation for the construction sites. It is necessary to extend series of hydrological data on the Irshava hydrometric station to long-term period, which was done using data from hydrometric stations Dovhe and Shalanky. The river specific discharge depends on the elevation and the catchment area in the mountainous area. It was established relationship between the specific discharge and the average elevation of the catchment for hydrometric stations situated in the basin of the Borzhava River and adjacent basins in order to determine the hydrological parameters at the construction sites 1 and 2. The mean annual flow of different probability were determined by the statistical parameters of the binomial asymmetric distribution curve, the coefficient of variation was calculated by the regional dependence, the coefficient of asymmetry was adopted similarly to the one at hydrometric station Irshava. The mean annual distribution of 50% probability was calculated based on the percentage distribution of the mean long-term flow at the Irshava station, the distribution in dry year is estimated using the average values in dry year of 1963 and 1983.

**Key words:** Borzhava River basin, mean annual flow, dry year, hydropower potential, specific discharge, level of catchment area.

*Стаття надійшла до редакції 16.05.2019*