

ОЦІНКА ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ГІДРОГРАФІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОЗБОРІВ РІЧОК БАСЕЙНУ ТИСИ (В МЕЖАХ УКРАЇНИ) НА ФОРМУВАННЯ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ВОДИ

Ключові слова: мінімальний стік, річки басейну Тиси, гідрографічні характеристик, модуль мінімального стоку.

Вступ. Згідно Національної доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна» - забезпечення наявності та раціонального використання водних ресурсів і санітарії для всіх до 2030 р. Україна має значно покращити якісний стан водойм, забезпечити доступ населення до чистої питної води, підвищити ефективність водокористування, забезпечити комплексне управління водними ресурсами та розширити міжнародне співробітництво щодо спільного використання транскордонних вод. До таких можна віднести і басейн р. Тиса. Він є транскордонним і станом на 2017 рік налічує близько 400 водокористувачів, які офіційно мають дозволи на водокористування. Незважаючи на значний потенціал водних ресурсів регіону все ж таки слід відмітити значне антропогенне навантаження на її водозборі. А, враховуючи маловодну фазу, яка спостерігається останнім часом для всіх річок України, в тому числі і для басейну Тиси, питання водокористування стає все більш актуальним. Особливо це стосується періодів мінімального стоку річок

Впродовж останніх років ця проблема постає гостріше. Прослідковується тенденція до нестачі водних ресурсів. Незважаючи на те, що регіон Українських Карпат найчастіше розглядається як паводкобезпечний, і більша увага приділяється максимальну паводковому стоку, проблема мінімальних витрат води в даному регіоні також стає актуальною. Мінімальний стік води в річках відноситься теж до небезпечних гідрологічних процесів, який характеризує умови маловод'ї, коли річка живиться в основному підземними водами. В цьому контексті важливим є встановлення чинників, які впливають на формування мінімального стоку річок басейну Тиси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика дослідження мінімального стоку річок басейну Тиси в більшості випадків стосувались лише всієї території України, або Європи. Тож, останні комплексні дослідження в басейні Тиси проводились ще в 50-70-х роках [6,7,11-13]. Щодо факторів, які впливають на формування мінімального стоку води, то їх добре розглянуто в працях Владімірова А.М. [1], та знайшло підтвердження в роботах інших дослідників [2, 3, 7-10]. Також ми провели дослідження щодо того, величину якого саме мінімального стоку води доцільніше використовувати в розрахунках. Згідно методичних рекомендацій [14, 15] скрізь рекомендується використанням мінімальної витрати води за 30-ти денний період. Також в нормативних документах зазначається, що при частих паводках і коротких міжпаводкових періодах 30-добовий період допускають скорочувати до 24 діб для запобігання включення паводкових витрат в період мінімального стоку. Однак у зв'язку із значною мінливістю режиму річок останнього типу інколи навіть 24-добовий період порушується паводками. Проаналізувавши гідрологічний режим та річок басейну Тиси відповідний досвід закордонних вчених [16, 18-28], та протестувавши програмний комплекс Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) [20-24], була запропонована схема розрахунків, в якій використовується мінімальна витрата

води за 7 діб, яка дозволяє максимально виключити з величини мінімального стоку вплив паводкових вод.

Формулювання цілей статті, постановка завдання. Виходячи з вищезазначеного, метою статті є встановлення для річок басейну Тиси в межах України зв'язків між мінімальним стоком води та гідрографічними характеристиками - площею та середньою висотою водозбору, глибиною ерозійних врізів та похилами річок. За основний показник стоку води було обрано модуль стоку мінімальної витрати води за 7 днів.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Згідно внутрішньорічного розподілу стоку періоди мінімальної водності для басейну Тиси характерні для таких сезонів, як літо, осінь та зима. Проте досить важко виділити стійкі періоди межень на річках басейну Тиси, враховуючи значну сезонну мінливість. Для річок басейну Тиси літньо-осіння межень триває з вересня по жовтень (східний та західний райони), а зимова межень – з листопада по лютий (східний район) і з грудня по лютий (західний район) (рис. 1) [17].

Для оцінки зв'язків було сформовано банк даних середньодобових витрат води за весь період спостережень для 22 гідрологічних постів в басейні Тиси в межах України [5] (рис. 1).

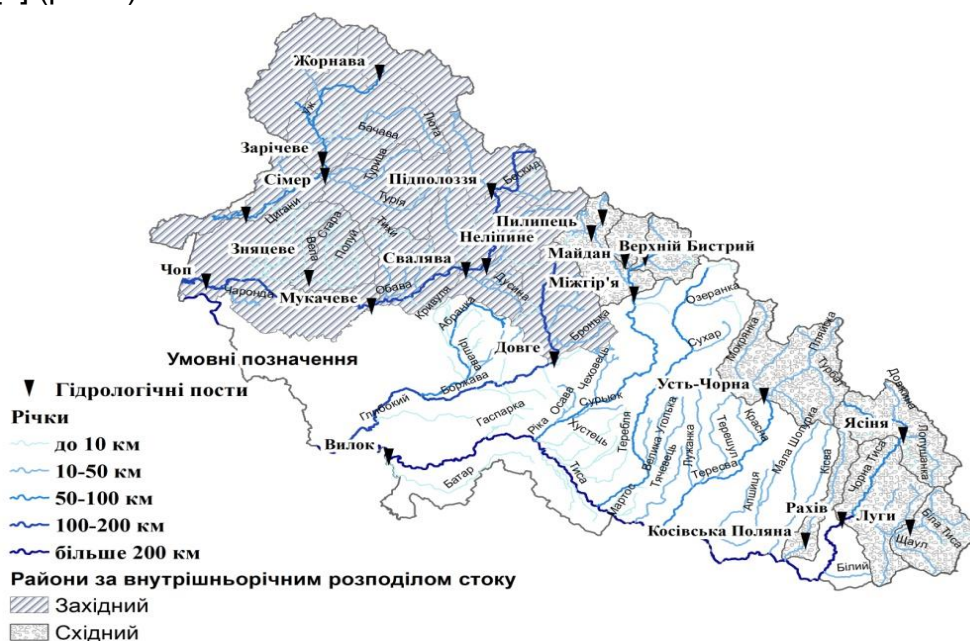


Рис. 1 Карта-схема басейну Тиси в межах України

Далі на основі внутрішньорічного розподілу стоку були обрані періоди мінімальної водності, а використовуючи програмний комплекс ІНА були розраховані значення мінімальних витрат води за 7 днів окремо для теплого та холодного періодів. В табл. 1 подано багаторічні характеристики мінімального стоку води теплого та холодного періодів року (мінімальні витрати та модулі стоку води) річок басейну Тиси в межах України та показники його мінливості (коефіцієнти варіації та асиметрії). Аналіз табл. 1 засвідчив, що середнє значення коефіцієнта варіації S_v для холодного періоду становить 0,44, а для теплого – 0,46. Мінімальне значення – 0,28 (теплий період), максимальне – 0,68 (теплий період). Коефіцієнти варіації мінімального стоку води теплого періоду знаходяться в межах 0,28-0,68, а холодного – 0,3-0,59. Мінливість та нестабільність мінімального стоку в теплий період пояснюється частими та раптовими паводками, особливо притаманними

гірській частині. Величина мінливості мінімального стоку менше на тих річках, де частка підземного стоку більша, на великих річках та на річках з більшим зарегулюванням [2, 3, 6].

Таблиця 1. Статистичні характеристики рядів середніх річних витрат води за даними діючих гідрологічних постів досліджуваних басейнів

№	Річка - пост	Сезон	$Q_{\min 7\text{day}}$	C_v	C_s	C_s/C_v	$M_{\min 7\text{day}}$
1.	Тиса–Рахів	теплий	9.03	0.29	0.32	1.10	8.44
		холодний	6.37	0.31	0.42	1.40	5.96
2.	Тиса–Вилок	т	56.8	0.33	0.68	2.00	17.1
		х	56.7	0.30	-0.05	-0.20	17.0
3.	Чорна Тиса–Ясіня	т	1.89	0.48	2.23	4.60	9.74
		х	0.99	0.46	1.13	2.40	5.10
4.	Біла Тиса–Луґи	т	2.15	0.28	0.47	1.70	11.4
		х	1.26	0.39	0.33	0.90	6.67
5.	Косівська–Косівська Поляна	т	1.73	0.35	0.58	1.70	14.2
		х	1.49	0.37	1.13	3.00	12.2
6.	Тересва–Усть-Чорна	т	7.27	0.39	0.99	2.50	12.7
		х	5.59	0.46	1.74	3.80	9.77
7.	Ріка – Верхній Бистрий	т	1,08	0,26	0,47	1,8	5,38
		х	0,88	0,67	4,69	7	6,59
8.	Ріка–Міжгір'я	т	2.69	0.40	0.95	2.30	4.89
		х	2.88	0.39	1.92	4.90	5.24
9.	Голятинка - Майдан	т	0,45	0,55	1,32	2,4	5,29
		х	0,52	0,44	1,15	2,6	6,05
10.	Пилипець-Пилипець	т	0,41	0,51	0,93	1,8	9,3
		х	0,41	0,51	0,93	1,8	9,3
11.	Студений - Нижній Студений	т	0,10	0,67	4,24	6,3	4,09
		х	0,17	2,55	7,09	3,2	6,93
12.	Боржава–Довге	т	2.79	0.51	1.87	3.60	6.84
		х	4.28	0.46	1.27	2.70	10.5
13.	Латориця–Підполоззя	т	2.07	0.68	2.24	3.30	6.39
		х	2.29	0.48	0.61	1.30	7.07
14.	Латориця–Свалява	т	3.87	0.43	1.72	4.00	5.69
		х	4.42	0.38	0.14	0.40	6.50
15.	Латориця–Мукачеве	т	5.34	0.52	2.97	5.60	3.93
		х	6.10	0.41	0.59	1.40	4.49
16.	Латориця - Чоп	т	7.44	0.41	2.12	5.10	2.59
		х	9.13	0.42	1.01	2.40	3.18
17.	Віча–Неліпино	т	2.28	0.35	0.80	2.30	9.46
		х	1.96	0.46	0.27	0.60	8.13
18.	Стара–Зняцево	т	0.27	0.62	1.71	2.80	1.21
		х	0.56	0.54	0.93	1.70	2.50
19.	Уж–Жорнава	т	1.40	0.42	0.79	1.90	4.90
		х	1.45	0.47	0.58	1.20	5.07
20.	Уж–Зарічеве	т	2.90	0.50	1.11	2.20	2.27
		х	3.92	0.46	0.88	1.90	3.06
21.	Уж–Ужгород	т	3.69	0.67	1.35	2.00	1.87
		х	5.26	0.53	0.68	1.30	2.67
22.	Тур'я–Сімер	т	1.47	0.62	2.36	3.80	3.17
		х	1.85	0.59	1.41	2.40	3.99

Коефіцієнти асиметрії C_s мають переважно додатні значення, що свідчить про те, що в багаторічній мінливості на річках в межах гідрологічних постів переважають

витрати води менші за середні багаторічні. Тільки для мінімальних витрат холодного періоду для гідропоста Вилок, розташованого на р. Тиса спостерігається незначна від'ємна асиметрія, що свідчить про те, що переважають значення близькі або більші за середньобагаторічні значенням мінімального стоку.

Узагальнене для річок басейну Тиси в межах України співвідношення $C_s/C_v \approx 1,8$, свідчить про помірно-асиметричний розподіл. Мінімальні витрати води теплого періоду значні для річок східного району (Чорна та Біла Тиса, Косівська, Тересва, Ріка) в середньому в 1,3 рази. А мінімальні 7-денні витрати води за холодний період західного району (Боржава, Латориця, Уж) в 1,2 рази більші, ніж східного (табл.1).

Існуючі методи розрахунку мінімального стоку за відсутності, або недостатній кількості гідрометричних спостережень гірських річок можна розділити на дві групи: емпіричні регіональні залежності та карти ізоліній [59]. У переважній більшості робіт використовуються різноманітні емпіричні залежності, оскільки в умовах гірських районів карти ізоліній різних характеристик носять схематичний характер, а точність розрахунків за ними буває недостатньою для практичних цілей. При цьому із методів першої групи в практиці розрахунків приймаються залежності величин мінімального стоку води ($Q, \text{м}^3/\text{с}$, M , $\text{л}/\text{с км}^2$) від середньої висоти водозбору (H , м абс), похилів русла річки (I $\text{м}/\text{км}$), площі водозбору (F , км^2) та ерозійного врізу (ΔH м абс) [2, 3, 6] (табл. 2).

Таблиця 2. – Основні гідрографічні характеристики водозборів басейну Тиси (в межах України)

№	Річка - пост	Площа басейну, км^2	Середня висота водозбору, м	Ерозійний вріз, м	Похил річки, ‰	$M_{7\text{діб}}$ (холод. період) $\text{л}/\text{с км}^2$	$M_{7\text{діб}}$ (теплий період) $\text{л}/\text{с км}^2$
1.	Тиса–Рахів	1070	1100	668	14.3	5.96	8.44
2.	Тиса–Вилок	3330	1184	1071	5.5	17.03	17.06
3.	Чорна Тиса–Ясіня	194	1000	350	27.5	5.10	9.74
4.	Біла Тиса–Луги	189	1000	398	130	6.67	11.38
5.	Косівська–Косівська Поляна	122	1060	653	34	12.2	14.1
6.	Тересва–Усть-Чорна	572	1120	576	20	9.77	12.7
7.	Ріка – Верхній Бистрий	165	920	395	9	6.59	5.38
8.	Ріка–Міжгір'я	550	308	364	7	5.24	4.89
9.	Голятинка - Майдан	86	790	290	32	6.05	5.29
10.	Пилипець-Пилипець	44.2	820	248	32	9.3	9.3
11.	Студений - Нижній Студений	25.4	800	194	32	6.93	4.09
12.	Боржава–Довге	408	620	450	34	10.4	6.84
13.	Латориця–Підполоззя	324	720	362	9.58	7.07	6.39
14.	Латориця–Свалява	680	700	508	10.9	6.50	5.69
15.	Латориця–Мукачеве	1360	570	452	5.52	4.49	3.93
16.	Латориця - Чоп	2870	310	212	3.5	3.18	2.59
17.	Віча–Неліпино	241	760	534	20	8.13	9.46
18.	Стара–Зняцево	224	300	194	19.2	2.50	1.21
19.	Уж–Жорнава	286	670	341	17.6	5.07	4.90
20.	Уж–Зарічеве	1280	560	404	9.8	3.06	2.27
21.	Уж–Ужгород	1970	530	417	7.6	2.67	1.87
22.	Тур'я–Сімер	464	540	387	27,6	3.99	3.17

Всі дослідження, як правило, вказують на вплив вертикальної зональності в формуванні та розподілі мінімального стоку води на гірських річках. Тому при розробці методів розрахунку мінімального стоку найчастіше в якості основного розрахункового параметра приймається середня висота водозбору [3] (табл. 2).

Однією із характеристик формування стоку є розміри *площі водозбору*. В основу виконаних розрахунків покладено зв'язок мінімального за 7 діб стоку води для річок в теплий та холодний період.

Аналіз розрахованих стокових характеристик для досліджуваної території підтвердив відому закономірність - зі збільшенням площі водозбору зростають витрати води (рис. 2).

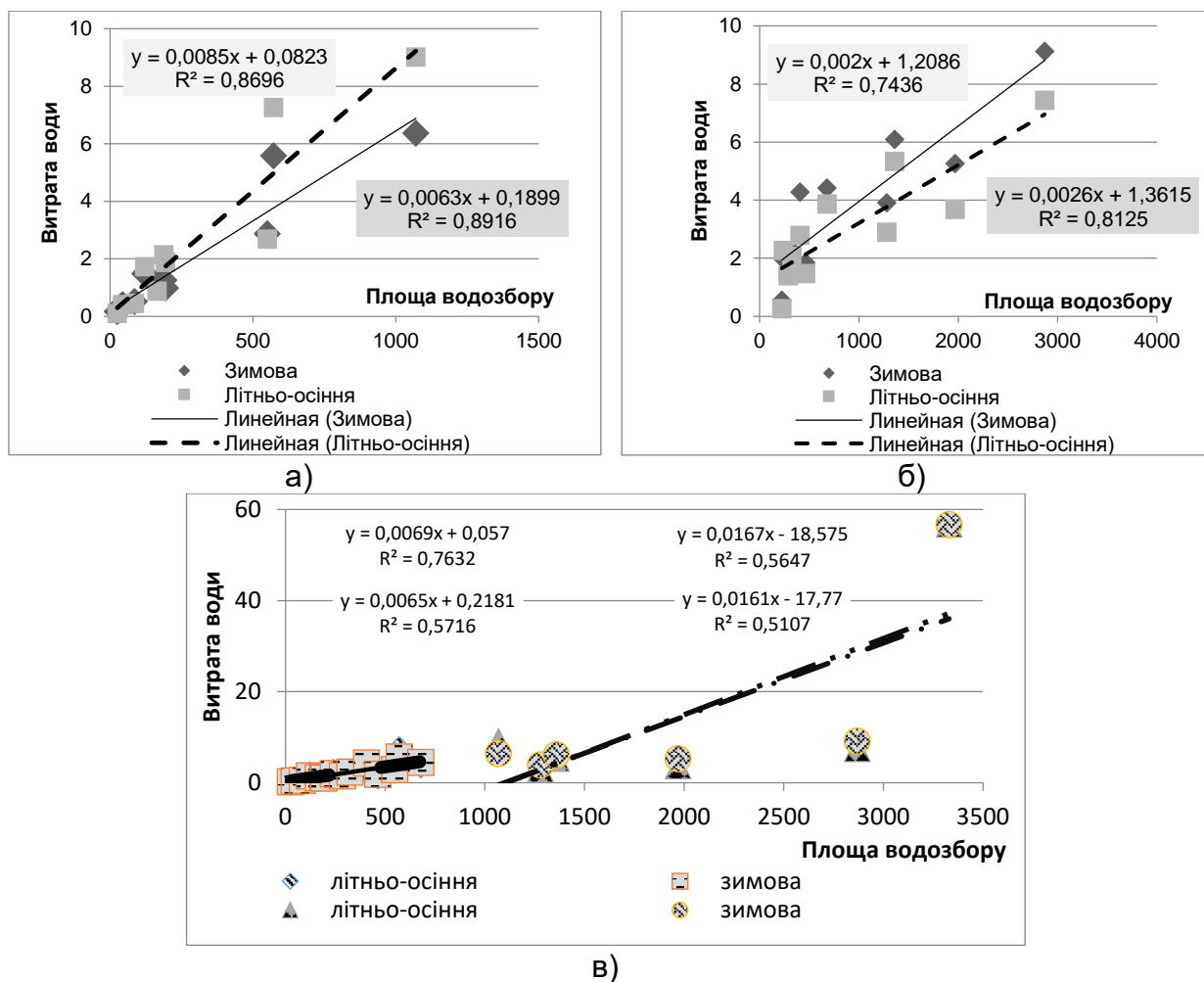


Рис.2. Залежність мінімальної витрати води за 7 діб від площі водозбору для східного (а) та західного (б) районів та для басейну Тиси вцільому (в)

Для більш детального аналізу залежностей мінімального за 7 діб стоку води від гідрографічних характеристик басейни поділені за площею на дві групи – до 1000км², та більше 1000км². Для малих річок (до 1000 км²) зв'язок витрати води з площею водозбору є більш тісним (R²=0.76 (зимова) та 0,57 (літньо-осіння)), ніж для великих річок (R²=0.56 (зимова) та 0,51 (літньо-осіння)). Також встановлено, що басейн Тиси в межах гідрологічного поста Вилок вибивається з загальних тенденцій, що пояснюється тим, що його площа та кількість приток, які впадають вище за течією суттєво впливають на формування та виділення мінімального стоку (рис.2).

Наступним емпіричним регіональним показником є *глибина ерозійного врізу* русел річок східного та західного районів басейну Тиси в межах України (рис.3). Глибина ерозійного врізу русла є показником інтенсивності підземного живлення річок, особливо в межені періоди. При збільшенні значення ерозійного врізу русла зростає кількість водоносних горизонтів, які розкриває річка. В результаті підземна складова стоку збільшується.

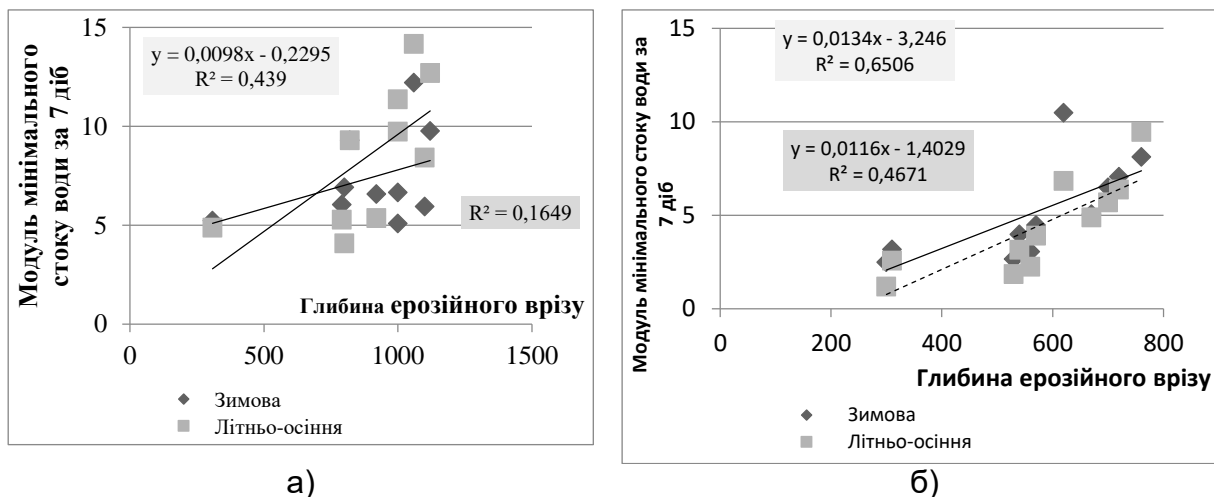


Рис.3. Залежності модуля мінімального стоку за 7 діб від глибини ерозійного врізу для літньо-осінньої та зимової межени для східного (а) та західного (б) районів басейну Тиси

Вплив глибини ерозійного врізу русел річок (рис.3) встановлювався для західного та східного районів басейну Тиси (рис.1). Кращі зв'язки прослідковуються в період літньо-осінньої межени ($R^2 = 0,43$ та $0,65$ відповідно для східного та західного районів). Помітна незначна тенденція до зростання модуля стоку зі збільшенням глибини ерозійного врізу русла річок басейну Тиси.

Наступним показником оцінки мінімального річок басейну Тиси була залежність його модуля від середньої висоти водозбору (рис.5).

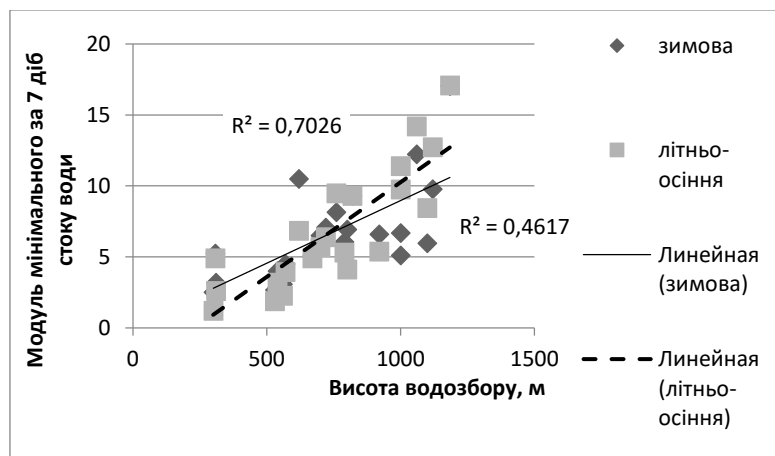


Рис.4. Залежності модуля мінімального стоку за 7 діб від середньої висоти водозбору для літньо-осінньої та зимової межени

Аналіз рис.4 засвідчує наявність зв'язків між модулем мінімального стоку за 7 днів та висотою водозбору. Значення модуля стоку збільшується зі зростанням

висоти. Це підтверджується коефіцієнтами детермінації 0,46 для зимової та 0,70 для літньо-осінньої межени.

Ще однією емпіричною регіональною залежністю є зв'язок між модулями мінімального стоку води за 7 діб та *похилами річок* в межах гідрологічних постів досліджуваних річок. Кореляційні зв'язки цих характеристик зображені на рис.5.

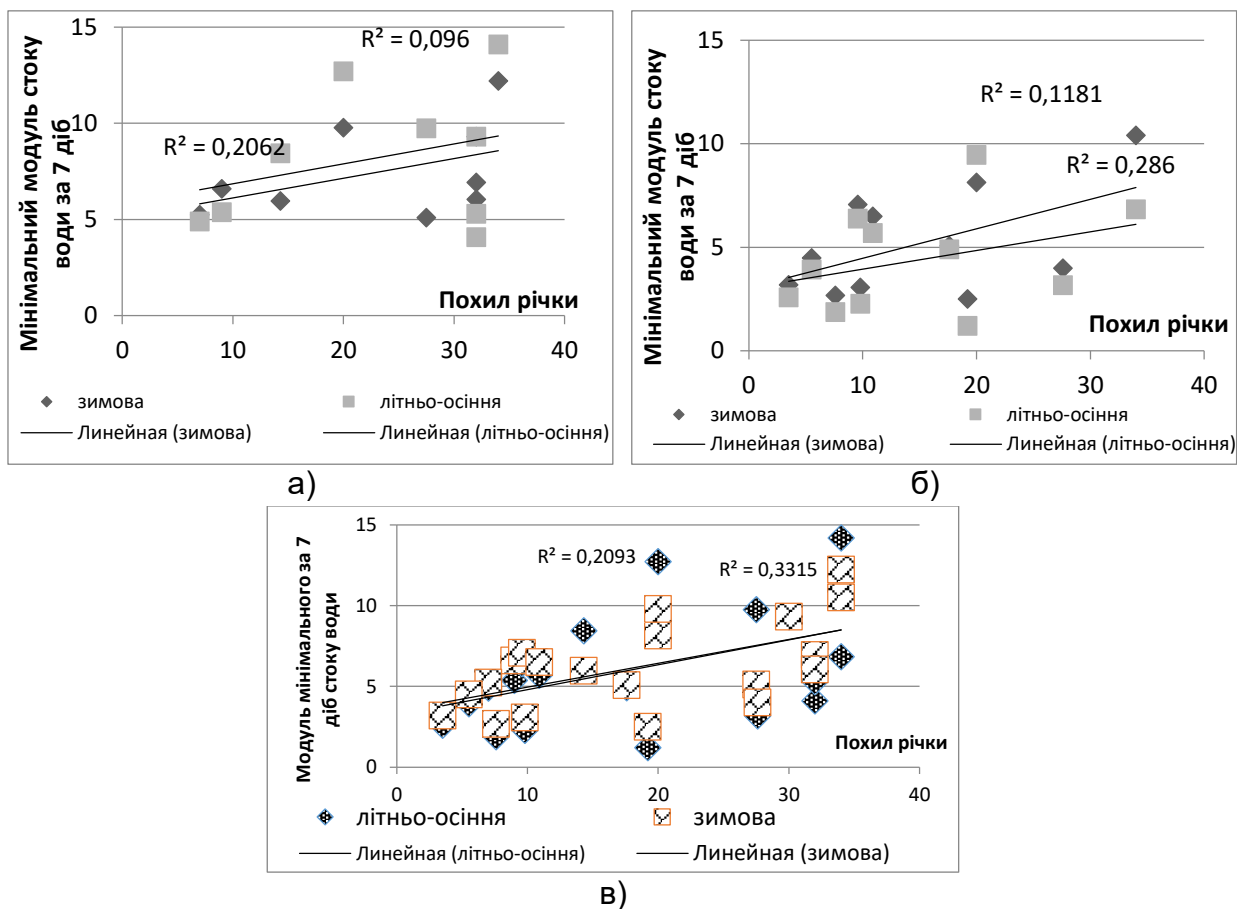


Рис.5. Графік зв'язку між модулями мінімального стоку води за 7 діб та похилами річок для літньо-осінньої та зимової межени для східного (а), західного (б) районів та для всього басейну Тиси (в)

Якщо оцінювати зв'язки модуля мінімального стоку води за 7 діб похилом річки окремо для східного та західного районів басейну Тиси, а також окремо для басейну в цілому, то отримані графіки засвідчують, що між модулем мінімального стоку та показниками похилу річки прослідковуються слабкі зв'язки, (0,20 для літньо-осіннього періоду, та 0,33 – для). Зі збільшенням похилу зростає модуль мінімального стоку, а витрати води відповідно зменшуються.

Висновки. Проведений аналіз емпіричних регіональних залежностей та мінімального стоку води за 7 діб проводився з урахуванням різних факторів, таких як площа басейнів (менше та більше 1000км²) та за районами внутрішньорічного розподілу стоку (східний та західний), а також для басейна в цілому. Аналіз табл. 1 засвідчив, що середнє значення коефіцієнта варіації C_v для холодного періоду становить 0,44, а для теплого – 0,46. Коефіцієнти асиметрії C_s мають переважно додатні значення, що свідчить про те, що в багаторічній мінливості на річках в межах гідрологічних постів переважають витрати води менші за середні багаторічні. Узагальнене для річок басейну Тиси в межах України співвідношення $C_s/C_v \approx 1,8$, свідчить про помірно-асиметричний розподіл. Було встановлено, що мінімальні

витрати води зростають з площею водозбору. Для малих річок (до 1000 км²) зв'язок витрати води з площею водозбору є більш тісним ($R^2=0.76$ (зимова) та 0,57 (літньо-осіння)), ніж для великих річок ($R^2=0.56$ (зимова) та 0,51 (літньо-осіння)). Зв'язок мінімальних модулів води за 7 діб з глибиною ерозійного врізу показав, що зв'язки прослідковуються в період літньо-осінньої межні ($R^2= 0,43$ та 0,65 відповідно для східного та західного районів). Також було встановлено, що значення мінімального модуля стоку за 7 діб збільшується зі зростанням висоти. Це підтверджується коефіцієнтами детермінації 0,46 для зимової та 0,70 для літньо-осінньої межні. Найменший вплив на формування мінімального стоку мають похили річки. Таким чином, не всі досліджувані емпіричні регіональні залежності можуть бути використані при визначенні мінімального стоку води на річках з відсутністю даних спостережень.

Список літератури

1. *Владимиров А.М.* Сток рек в маловодный период года. Л. : Гидрометеиздат, 1976. 296 с.
2. *Волчек А.А., Калинин М. Ю., Грядунова О.И.* Минимальный сток малых рек Беларуси как функция эрозионного вреза русловой сети. Водные ресурсы (информационные материалы) РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», 2005. №20. с. 59-65.
3. *Волчек А. А., Грядунова О. И.* Методика расчета минимального стока воды рек Беларуси при отсутствии наблюдений. Водное хозяйство России: Проблемы, технологии, управление, 2008. №6. С. 4–28.
4. *Горбачова Л.О.* Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. Укр. геогр. журн., 2015. № 3. С. 16-23.
5. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим і ресурси поверхневих вод суші (за 2001–2010 рр. та весь період спостережень). Розділ 1. Поверхневі води. Серія 3. Багаторічні дані. Ч. 1. Річки і канали, вип. 1. Басейни Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу. Центр. геофіз. обсерваторія. К. : ЦГО, 2018. 530 с.
6. *Задорожная Р.Г.* О влиянии средней высоты бассейна и глубины вреза на минимальный сток в бассейне Тисы. Сб. науч. тр. ЦНИИКИВР, Москва, 1975. с. 107-115.
7. *Клюева К.А.* Районирование территории БССР по однотипным условиям формирования минимального стока рек. Сборник работ по гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1961. №2. С. 131-136.
8. *Лобода Н. С., Хохлов В. М., Божок Ю. В.* Оцінка характеристик посушливості Закарпаття в сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління). Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2011. Т. 2(23). С. 49-56.
9. *Лобода Н.С., Божок Ю.В.* Мінливість клімату та водних ресурсів Закарпаття. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2011. Вип. 12. С. 161-167.
10. *Лук'янець О.І., Камінська Т.П.* Закономірності та просторова синхронність багаторічних циклічних коливань водного стоку річок Українських Карпат. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. Вип. 744–745: Географія. 2015. С. 18-24.
11. *Лысенко К. А.* Минимальный сток рек малых рек Карпат и его расчеты. Тр. Укр. НИГМИ, 1976. Вып. 149. С. 130-141.
12. *Лысенко К. А.* Минимальный сток рек Украины и Молдавии. Тр. УкрНИГМИ, 1965. Вып. 64. С. 143-154.
13. *Лысенко К. А.* Подземный сток Украины. Тр. Укр.НИГМИ, 1965. Вып. 50. С. 75 108.
14. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Річковий стік та гідрологічні розрахунки» для студентів географічного факультету / Упорядник С. С. Дубняк. К., 2006. 37 с.
15. Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» для студентів географічного факультету / Упорядник О.І. Лук'янець. К.: ВЦ Київський університет», 2010. 60 с.
16. *Ободовський О. Г., Почаєвець О. О., Заварзін М. А.* Оцінка зв'язків мінімального та середнього стоку води річок Українських Карпат. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2016. Т. 1(40). С. 60–69.
17. *Ободовський О.Г., Сурай К.С., Почаєвець О.О.* Оцінка мінімального стоку води річок суббасейну Ужа (басейн річки Тиса). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2018. № 2(49). С. 6–15.
18. GeoDigital. Инженерная геодезия. StokStat 1.2 Статистика для гидрологии URL: http://www.geodigital.ru/soft_hydr.
19. How much water does a river need? / *Brian Richter, Jeffrey Baumgartner, Robert Wigington, David Braun.* // Freshwater Biology. February 1997. P. 231-249.
20. Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) URL: ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 4 (51)

<https://www.coservationgateway.org/ConversationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/IndicatorsofhydrologicAlteration/>. **21.** Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1. User's Manual. The Nature Conservancy, 2009. **22.** *Opperman, J.* Indicators of Hydrologic Alteration analysis for the Patuca River. **23.** *Reilly C.* Estimation of 7-day, 10-year low-streamflow statistics using baseflow correlation / C. Reilly, N. C. Kroll. // *Water resources research*. 2003. №30. C. 1–10. **24.** *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Braun, D.P., and Powell, J.* A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research & Management*, 14, 329-340. **25.** *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., and Braun, D.P.* A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology*, 10(4), 1163-1174. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of *Conservation Biology*. **26.** *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R., and Braun, D.P.* How much water does a river need? *Freshwater Biology*, 37, 231-249. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of *Freshwater Biology*. **27.** Tokarczyk T. Classification of Low Flow and Hydrological Drought for a River Basin. *Acta Geophysica*. 2013. №61. C. 404–421.

Reference

1. *Vladimirov A.M.* Stok rek v malovodnyi period hoda. L. : Hidrometeoizdat, 1976. 296 s. **2.** *Volchek A.A., Kalinin M. Iu., Hriadunova O.I.* Minimalnyi stok malykh rek Belarusi kak funktsiia erozionnoho vreza ruslovoi seti. *Vodnye resursy (informatsionnye materialy) RUP «Tsentralnyi nauchno-issledovatel'skii institut kompleksnoho ispolzovaniia vodnykh resursov»*, 2005. №20. s. 59-65. **3.** *Volchek A. A., Hriadunova O. I.* Metodika rascheta minimalnoho stoka vody rek Belarusi pri otsutsvii nabliudenii. *Vodnoe khoziaistvo Rossii: Problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2008. №6. S. 4–28. **4.** *Horbachova L.O.* Suchasni vnutrishnorichni rozpodil vodnoho stoku richok Ukraini. *Ukr. heohr. zhurn.*, 2015. № 3. S. 16-23. **5.** *Derzhavnii vodnii kadastr. Bahatorichni dani pro rezhim i resursi poverkhnevikh vod sushi (za 2001–2010 rr. ta ves period sposterezhen). Rozdil 1. Poverkhnevi vodi. Seriia 3. Bahatorichni dani. Ch. 1. Richki i kanali, vip. 1. Baseini Zakhidnoho Buhu, Dunaiu, Dnistra, Pivdennoho Buhu. Tsentr. heofiz. observatoriia. K. : TsHO, 2018. 530 s.* **6.** *Zadorozhnaia, R.H.* O vlianii srednei vysoty basseina i hlubiny vreza na minimalnyi stok v basseine Tisy. *Sb. nauch. tr. TsNIIKIVR, Moskva*, 1975. s. 107-115. **7.** *Kliueva K.A.* Raionirovanie territorii SSSR po odnotipnym usloviiam formarovaniia minimalnoho stoka rek. *Sbornik rabot po hidrologii. L.: Hidrometeoizdat, 1961. №2. S. 131-136.* **8.** *Loboda N. S., Khokhlov V. M., Bozhok Iu. V.* Otsinka kharakteristik posushlivosti Zakarpattia v suchasnikh ta maibutnikh umovakh (za stsenariiem hlobalnoho poteplinna). *Hidrologiia, hidrokimiia, hidroekologiia*. 2011. T. 2(23). S. 49-56. **9.** *Loboda N.S., Bozhok Iu.V.* Minlivist klimatu ta vodnikh resursiv Zakarpattia. *Visnik Odeskoho derzhavnogo ekolohichnoho universitetu*. 2011. Vip. 12. S. 161-167. **10.** *Lukianets O.I., Kaminska T.P.* Zakonomirnosti ta prostorova sinkhronnist bahatorichnikh tsiklichnikh kolivan vodnoho stoku richok Ukrainiskikh Karpat. *Naukovii visnik Chernivetskoho universitetu: zbirnik naukovikh prats. Chernivtsi: Chernivetskii nats. un-t. Vip. 744–745: Heohrafiia*. 2015. S. 18-24. **11.** *Lysenko K. A.* Minimalnyi stok rek malykh rek Karpat i eho raschety. *Tr. Ukr. NIHMI, 1976. Vyp. 149. S. 130-141.* **12.** *Lysenko K. A.* Minimalnyi stok rek Ukrainy i Moldavii. *Tr. UkrNIHMI, 1965. Vyp. 64. S. 143-154.* **13.** *Lysenko K. A.* Podzemnyi stok Ukrainy. *Tr. Ukr.NIHMI, 1965. Vyp. 50. S. 75-108.* **14.** *Metodichni vkazivki do vikonannia praktichnikh robiz z distsiplini «Richkovii stik ta hidrolohichni rozrakhunki» dlia studentiv heohrafichnoho fakultetu / Uporiadnik S. S. Dubniak. K., 2006. 37 s.* **15.** *Metodichni vkazivki do vikonannia praktichnikh robiz iz distsiplini «Matematchni metodi v hidrometeorologii» dlia studentiv heohrafichnoho fakultetu / Uporiadnik O.I. Lukianets. K.: VTs Kiivskii universitet», 2010. 60 s.* **16.** *Obodovskiy O. G., Pochaievets O. O., Zavarzin M. A.* Otsinka zviazkiv minimalnoho ta serednoho stoku vodi richok Ukrainiskikh Karpat. *Hidrologiia, hidrokimiia i hidroekologiia*, 2016. T. 1(40). S. 60–69. **17.** *Obodovskiy O.H., Suray K.S., Pochaievets O.O.* Otsinka minimalnoho stoku vodi richok subbaseinu Uzha (basein richki Tisa). *Hidrologiia, hidrokimiia i hidroekologiia*, 2018. № 2(49). S. 6–15. **18.** *GeoDigital. Inzhenernaya geodezia. StokStat 1.2 Statistika dlia hidrologii URL: http://www.geodigital.ru/soft_hydr.* **19.** *How much water does a river need? / Brian Richter, Jeffrey Baumgartner, Robert Wigington, David Braun. // Freshwater Biology. February 1997. pages 231-249.* **20.** *Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) URL: <https://www.coservationgateway.org/ConversationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/IndicatorsofhydrologicAlteration/>.* **21.** *Indicators of*

Hydrologic Alteration Version 7.1. User's Manual. The Nature Conservancy, 2009. **22.** *Opperman, J.* Indicators of Hydrologic Alteration analysis for the Patuca River. **23.** *Reilly C.* Estimation of 7-day, 10-year low-streamflow statistics using baseflow correlation / C. Reilly, N. C. Kroll. // Water resources research. 2003. №30. S. 1–10. **24.** *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Braun, D.P., and Powell, J.* A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. Regulated Rivers: Research & Management, 14, 329-340. **25.** *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., and Braun, D.P.* A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conservation Biology, 10(4), 1163-1174. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Conservation Biology. **26.** *Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R., and Braun, D.P.* How much water does a river need? Freshwater Biology, 37, 231-249. Posted to nature.org with permission from Blackwell Science, publisher of Freshwater Biology. **27.** Tokarczyk T. Classification of Low Flow and Hydrological Drought for a River Basin. Acta Geophysica. 2013. №61. S. 404–421.

Оцінка впливу основних гідрографічних характеристик водозборів річок басейну Тиси (в межах України) на формування мінімального стоку води

Почаєвець О.О., Ободовський О.Г.

В статті проводиться оцінка впливу основних гідрографічних характеристик водозбору, таких як площа та висота водозбору, глибина ерозійного врізу та похил русла річки, на формування мінімального стоку води річок басейну Тиси (в межах України). За попередньої оцінкою внутрішньорічного розпододу стоку було визначено періоди мінімальної водності для річок басейну Тиси, та об'єднано їх в два райони – східний та західний.

Розраховані модулі мінімального стоку води за 7 діб для річок за теплий та холодний. Встановлені залежності модуля мінімального стоку води за 7 діб в межах двох районів басейну Тиси від цих характеристик. Отримані емпіричні регіональні залежності окремо для районів та басейну Тиси в цілому. Визначено вплив кожної гідрографічної характеристики басейну на формування мінімального стоку води для річок басейну Тиси.

Ключові слова: мінімальний стік, річки басейну Тиси, гідрографічні характеристик, модуль мінімального за 7 діб стоку води.

Оценка влияния основных гидрографических характеристик водозборов рек бассейна Тисы (в пределах Украины) на формирование минимального стока воды

Почаевец Е.А., Ободовский А.Г.

В статье проводится оценка влияния основных гидрографических характеристик водосбора, таких как площадь и высота водосбора, глубина эрозийного вреза и уклона реки, на формирование минимального стока воды рек бассейна Тисы (в пределах Украины).

Учитывая предварительную оценку внутригодового стока воды, бассейн был поделен на два района – западный и восточный.

Рассчитанные модули минимального стока воды за 7 дней для рек в теплый и холодный периоды. Установленные зависимости модуля минимального стока воды за 7 дней в пределах двух районов бассейна Тисы. Получены эмпирические региональные зависимости отдельно для районов и всего бассейна Тисы. Определено влияние каждой гидрографической характеристики бассейна на формирование минимального стока воды на реках бассейна Тисы.

Ключевые слова: минимальный сток, реки бассейна Тисы, гидрографические характеристик, модуль минимального за 7 суток стока воды.

Assessment of the influence of the main hydrographic characteristics of the water catchments of the rivers of the Tisza basin (within Ukraine) on the formation of the minimum flow

Pochaievets O., Obodovskiy O.

According to the National Report "Sustainable Development Goals: Ukraine" - Ensuring the availability and rational use of water resources and sanitation for all by 2030 Ukraine should significantly improve the quality of the reservoirs, provide access to clean drinking water, improve water use efficiency, provide integrated water management resources and expand international co-operation on the sharing of transboundary waters. These include the Basin of the Tisza River. It is transboundary and by 2017 there are about 400 water users who have officially got permits for water use. In spite of the considerable potential of the water resources of the region, it should be noted that significant anthropogenic pressure on its catchment area. And, given the low-water phase that has been observed recently for all rivers in Ukraine, including the Tisza basin, the question of water use is becoming increasingly relevant. This is especially true for periods of minimal runoff of rivers

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 4 (51)

In recent years, this problem has become more acute. There is a tendency to lack of water resources. Despite the fact that the region of the Ukrainian Carpathians is often considered as flammable, and more attention is paid to the flow of floods, the problem of minimal water consumption in this region is also becoming relevant. The minimum drainage of rivers in the river is also related to dangerous hydrological processes, which characterizes the conditions of small-water plants, when the river feeds mainly with groundwater. It is important to establish the factors that influence the formation of the minimum runoff of the Tisza basin rivers.

The analysis of empirical regional dependencies of the minimum drainage of the Tisza basin has made it possible to establish that there are appropriate correlations between it and some hydrographic characteristics of the catchment. The area of the catchment area, the depth of the erosion line and the height of the catchment area are most affected by the formation of a minimum drainage of water for 7 days. The slope affects indirectly on the formation of a minimum drainage of water for 7 days. The obtained regional dependencies should also be used in assessing the minimum runoff for rivers with inadequate or absent hydrological observations.

Key words: *minimum runoff, Tisza basin rivers, hydrographic characteristics, modulus of minimum 7 days of drainage water.*

Надійшла до редколегії 27.10.2018