

## ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ МЕЖЕННОГО СТОКУ РІЧОК ЗОНИ НЕДОСТАТНЬОЇ ВОДНОСТІ УКРАЇНИ

Овчарук В. А., Кущенко Л. В.

### ВСТУП

Зона недостатньої водності – територія, у межах якої величина випаровування за рік у сукупності з інфільтрацією у середньому за багаторічний період перевищує кількість атмосферних опадів.

Дослідження провідних українських<sup>1</sup> та закордонних<sup>2</sup> учених показують, що найбільшого впливу кліматичних змін<sup>3</sup> слід очікувати саме в зоні недостатньої водності<sup>4</sup>, яка в Україні переважно відповідає степовій зоні.

Степова зона розташована у південній частині України та займає майже 40% її території. На півночі межує з лісостеповою зоною, на півдні простягається до узбережжя Чорного, Азовського морів та передгір'я Кримських гір.

На території цієї зони протікають річки, що належать до басейну нижньої течії Дністра, Дніпра, Південного Бугу та Сіверського Дінця (рис. 1)<sup>5</sup>. Мінімальний стік спостерігається на річках, головним чином, тоді, коли основним джерелом їх живлення є ґрунтові води. Періоди низького стоку на річках досліджуваної території пов'язані із зимовою або літньо-осінньою меженню.

---

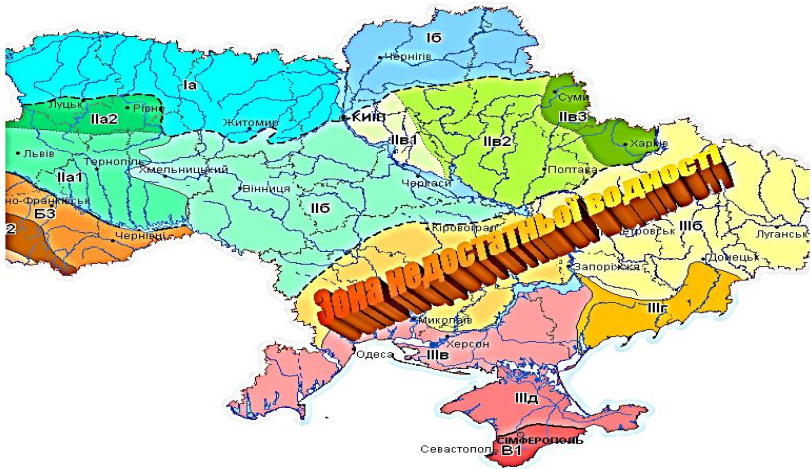
<sup>1</sup> Лобода Н.С., Куза А.М., Козлов О.М. Оцінка можливих змін водних ресурсів річок водозбору Куяльницького лиману на початку XXI сторіччя (2021–2050 рр.) за моделями кліматичного сценарію RCP4.5. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2019. № 23. С. 42–53. DOI: 10.31481/uhmj.23.2019.05.

<sup>2</sup> Hydrological impacts of moderate and high-end climate change across European river basins / A. Lobanova et al. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2018. Vol. 18. P. 15–30. DOI: 10.1016/j.ejrh.2018.05.003.

<sup>3</sup> Renata J. Romanowicz. The Influence Of Climate Change On Hydrological Extremes: Floods & Droughts. October 2017. DOI: 10.31988/SciTrends.3899.

<sup>4</sup> Impact of a changing climate, land use, and water usage on water resources in the Danube river basin / B. Bisselink et al. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*. P. 3–70. DOI: 10.2760/89828.

<sup>5</sup> Кущенко Л.В., Овчарук В.А. Умови формування меженого стоку річок в зоні недостатньої водності України. *Матеріали конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету*, м. Одеса, 02–08 травня 2018 р. Одеса : ТЕС, 2018. С. 131–132.



**Рис. 1. Карта-схема гідрологічного районування України<sup>6</sup>**

Одним із небезпечних наслідків кліматичних змін є збільшення частоти та амплітуди небезпечних природних явищ, до яких у гідрологічному циклі можна віднести катастрофічні паводки різного походження та періоди тривалого низького (меженного) стоку, які формуються внаслідок гідрологічних посух. В останні роки у зв'язку з глобальними та регіональними змінами клімату на розглядуваній території спостерігається перерозподіл водних ресурсів, зокрема зменшується стік весняного водопілля та збільшується стік межені; водночас зберігається ймовірність виникнення катастрофічних дощових паводків локального характеру.

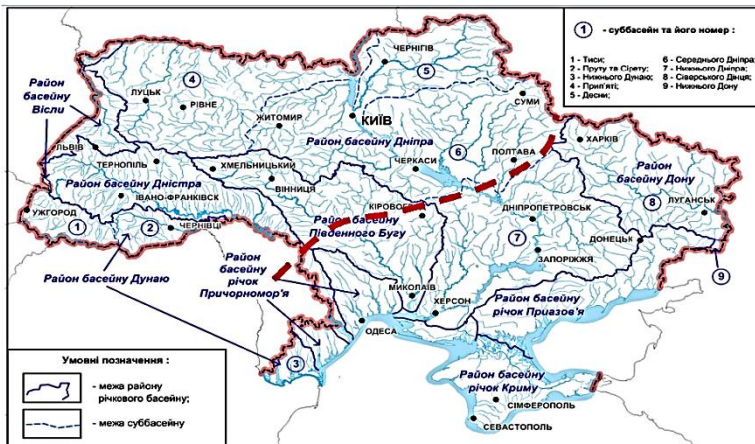
На рис. 2 показано гідрологічне районування території України<sup>7</sup>, яке здійснюється для розроблення планів управління річковими басейнами та передбачає поділ території України на гідрографічні одиниці – райони річкових басейнів (басейновий рівень) та суббасейни

<sup>6</sup> Атлас України / кер. проекту Л.Г. Руденко, В.С. Чабанюк, А.І. Бочковська. URL: <http://www.isgeo.kiev.ua> (дата звернення: 20.11.2018).


<sup>7</sup> Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу / В.В. Гребін та ін. Київ : Інтерпрес ЛТД, 2013. 55 с.

(суббасейновий рівень)<sup>8</sup> й ґрунтується на гідрографо-географічному підході до районування території.

Досліджувана територія входить до шести районів, а саме: басейну Дунаю, річок Причорномор'я, басейну Південного Бугу, річок Приазов'я, басейну Дніпра та басейну Дону.



**Рис. 2. Гідрографічне районування території України згідно з вимогами Водної рамкової директиви 2000/60/Є7:**

 – межа зони недостатньої водності

*Умови формування меженого стоку.* Особливості формування мінімального стоку річок зумовлені загальними фізико-географічними чинниками, такими як рельєф, геологоморфологічна будова, залісненість, заболоченість, озерність, розміри річкових басейнів, глибина перерізу русел, та кліматичними, які проявляються у ступені зволоженості території та її температурному режимі.

Головним джерелом живлення річок у маловодний період року є передусім підземний стік, а також дощові опади, які потрапляють у руслову мережу шляхом їх інфільтрації у підземні води. У зимову межень режим річкового стоку визначається переважно сезонним підземним живленням за різного ступеню дренованості території, але

<sup>8</sup> Water Resources Management In The Region of Odessa (Ukraine) / V. Ovcharuk et al. *International Journal of Recent Scientific Research Research*. 2018. Vol. 9, Issue 2(A). P. 23758–23762. DOI: 10.24327/ijrsr.2018.0902.1532.

в теплі роки, які стали переважати в останні десятиліття, частку його становлять і тало-дошові води зимових відлиг.

Основними природними чинниками *перемерзання* або *пересихання* річок є гідрогеологічні і кліматичні умови. Кліматичні визначають тривалість й інтенсивність процесів поверхневого стоку і, відповідно, ґрунтового живлення річок, а також можливість поповнення запасів підземних вод або витрачання підземних ресурсів. У разі коли запаси підземних вод малопотужні або виснажені за тривалого живлення річок, аерозійний вріз річкової мережі недостатній для використання запасів підземних вод, відбувається пересихання або перемерзання річок. Таке явище характерне для малих річок південних районів розглядуваної території вздовж берегу Чорного моря, де низький стік є найменшим, а його мінімальні величини знижуються до нуля.

Як уже було сказано вище, крім кліматичних чинників, на формування меженного стоку в низці випадків великий, а для малих річок іноді й вирішальний вплив мають місцеві фактори підстильної поверхні.

**Вихідні дані.** Для аналізу мінімального стоку в зоні недостатньої водності України використана гідрометеорологічна багаторічна інформація про мінімальні витрати води у період відкритого русла та зимовий період зі стійким льодовим покривом.

У середньому довжина рядів спостережень за мінімальними витратами води у зимовий період зі стійким льодовим покривом у зоні недостатньої водності України становить 47 років, змінюючись від 7 до 100 (табл. 1). У період літньо-осінньої межени тривалість спостережень (із перервами) на постах у середньому становить 49 років і варіюється від 8 до 101 років (табл. 2). Найдовший (і найбільш повний) ряд спостережень має гідрологічний пост Південний Буг – смт Олександрівка. Для всіх пунктів спостережень було зібрано дані по 2015 р. включно<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Гідролого-генетичний аналіз часових рядів мінімального стоку річок в зоні недостатньої водності України за сучасних кліматичних умов / Л.В. Кушенко та ін. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 3(54). С. 51–53.

Таблиця 1

**Розподіл водозборів за тривалістю спостережень за мінімальними витратами води і величиною їхніх площ на річках зі стійким льодовим покривом у період зимової межені (станом на 2015 р.)**

Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Кількість гідрологічних постів із періодом спостережень							Всього	%
	≤10	11 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	>50			
≤ 100		1					1	1,4	
101 – 1000		3	5	7		15	30	43,5	
1001 – 5000	1		4	2	5	15	27	39,1	
5001 – 10000		1	2			3	6	8,7	
10001 – 20000		1			1	1	3	4,3	
20001 – 50000						2	2	2,9	
Всього	1	6	11	9	6	36	<b>69</b>	100,0	
%	1,4	8,7	15,9	13,0	8,7	52,2	100,0		

Таблиця 2

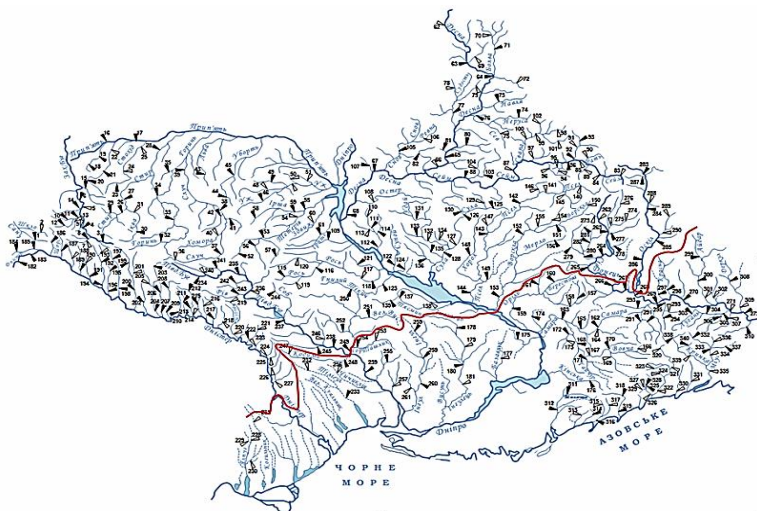
**Розподіл водозборів за тривалістю спостережень за мінімальними витратами води і величиною їхніх площ на річках зі стійким льодовим покривом у період літньо-осінньої межені (станом на 2015 р.)**

Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Кількість гідрологічних постів із періодом спостережень							Всього	%
	≤10	11 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	>50			
≤ 100		1					1	1,4	
101 – 1000		3	5	6	1	15	30	43,5	
1001 – 5000	1	1	3	2	3	17	27	39,1	
5001 – 10000		1	2			3	6	8,7	
10001 – 20000		1			1	1	3	4,3	
20001 – 50000						2	2	2,9	
>50000	1	7	10	8	5	38	<b>69</b>	100,0	
Всього	1,4	10,1	14,5	11,6	7,2	55,1	100,0		
%		1					1	1,4	

Проаналізувавши діапазон площ водозборів річок, на яких ведуться спостереження, можна зробити висновок, що, згідно з класифікацією,

запропонованою А.І. Чеботарьовим<sup>10</sup>, більша частина річок відноситься до малих річок – 47 із 69, тобто 68%, та 22 із 69 (32%) відносяться до середніх річок. Відповідно до типології розміру, заснованої на площі водозбірного басейну<sup>11</sup>, досліджувані річки розподіляються так: малі річки – 1 із 69 тобто 1,4%, середні – 30 із 69 (43,4%), великі – 33 із 69 (48%) та до дуже великих річок відноситься 5 із 69 тобто 7,2%.

По території, що розглядається, пости спостережень розміщені досить рівномірно (рис. 3).



**Рис. 3. Карта-схема розташування гідрологічних постів у зоні недостатньої водності України:**

— — межа досліджуваної території; ▼ — гідрологічний пост

У межах зони недостатньої водності виділяється п'ять гідрологічних областей: Нижньобузько-Дніпровська, Сіверськодонецько-Дніпровська, Причорноморська, Приазовська та Кримська рівнина (рис. 4).

<sup>10</sup> Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1964. 221 с.

<sup>11</sup> Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.



Рис. 4. Гідрологічне районування України<sup>12</sup>

### 1. Визначення періодів пересихання та перемерзання річок

Тривалість періодів перемерзання й пересихання визначається за регіональними залежностями мінімальної 30-добової (середньомісячної) витрати води<sup>13</sup>. Для оцінки відсутності стоку протягом 30 діб може використовуватись формула виду:

$$Q_{80\%} = 10^{-3} a \cdot (F \pm f)^n, \quad (1)$$

де  $f$  – середня по району площа з відсутністю стоку (-) або середня площа підземного басейну, який забезпечує додаткове живлення річок даного району (+) внаслідок карсту;  $a$  і  $n$  – параметри, які характеризують зволоженість даного району й інтенсивність зміни стоку зі зростанням площі водозборів. Їх значення наведено в таблицях СніП 2.01.14-83<sup>14</sup>.

Із цією метою виконується розрахунок  $Q_{80\%}$  для деяких значень площ, і для тих із них, для яких витрата води, обчислена за формулою (1), буде не вище  $0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ , приймається за площу пересихання або перемерзання.

Для визначення тривалості періодів перемерзання досліджуваних річок отримано регіональні залежності між цими періодами та мінімальними 30-добовими модулями стоку зимової межени, які представлені у вигляді табл. 3.

<sup>12</sup> Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. Москва : ГУГК, 1978. 183 с.

<sup>13</sup> Тодорова О.І., Кущенко Л.В. Перемерзання та пересихання малих річок в зоні недостатньої водності України. *Матеріали II всеукраїнського пленера з питань природничих наук*, м. Одеса, 26–28 липня 2018 р. Одеса, 2018. С. 13–15.

<sup>14</sup> Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. 447 с.

Таблиця 3

**Тривалість перемерзання малих річок у зоні недостатньої водності  
України за зимовий період зі стійким льодоставом**

Період	Мінімальні 30-добові модулі стоку $q_{30}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )											
	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
Зимова межень												
Тривалість перемерзання, доба	56	47	39	33	27	23	19	14	10	7	5	

Ще один аспект, який розглядається у зв'язку з перемерзанням річок, – це встановлення найбільших площ водозборів, за яких щорічно спостерігаються ці явища. Для оцінки площі перемерзання використана формула (1). Спочатку для річок розглядуваної території визначено параметри цієї формули, які представлено в табл. 4. Далі виконаний розрахунок  $Q_{80\%}$  для деяких значень площ, і для тих з них, для яких витрати води, обчислені за формулою (1), були не вище  $0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ , прийняті за площі перемерзання.

Для визначення тривалості періодів пересихання досліджуваних річок отримані регіональні залежності між цими періодами та мінімальними 30-добовими модулями стоку літньо-осінньої межени, які представлені у вигляді табл. 5.

Таблиця 4

**Найбільші площі перемерзання малих річок у зоні недостатньої  
водності України за зимовий період зі стійким льодоставом**

Район	Параметри формули (1)			Найбільша площа перемерзання, км <sup>2</sup>
	$a$	$n$	$f$	
Верхів'я р. Південний Буг	3,10	0,73	0	0,2
Правобережжя р. Південний Буг (середня течія)	0,15	1,08	0	5,0
Лівобережжя р. Південний Буг (середня і нижня течія) та малі річки між Дністром і Південним Бугом	1,36	0,55	-150	0,5



Таблиця 5

**Тривалість пересихання малих річок у зоні недостатньої водності  
України за період відкритого русла зі стійким льодоставом**

Період	Мінімальні 30-добові модулі стоку										
	$q_{30}, л/(с \cdot км^2)$										
Літньо-осіння межень	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
Тривалість пересихання, доба	100	69	48	33	23	16	11	7	5	4	2

За процедурою, яка описана вище по аналогії із зимовою меженню, встановлено також найбільші площі водозборів, за яких щорічно спостерігається явище пересихання річок (табл. 6).

Аналізуючи отримані результати, можна відзначити, що найбільші періоди характерні для пересихання та можуть досягати 70–100 діб, тоді як перемерзання можливо лише до 45–50 діб. Відносно площ водозборів результати аналогічні: явище пересихання може спостерігатися для водозборів починаючи з 30 км<sup>2</sup>, тоді як перемерзання – лише для водотоків менших 5 км<sup>2</sup>.

Таблиця 6

**Найбільші площі пересихання малих річок  
у зоні недостатньої водності України за період відкритого русла  
зі стійким льодоставом**

Район	Параметри формули (1)			Найбільша площа пересихання, км <sup>2</sup>
	$a$	$n$	$f$	
Верхів'я р. Південний Буг	0,03	1,38	0	12
Середня течія р. Південний Буг	0,04	1,3	0	11
Нижня течія р. Південний Буг та малі річки між Дністром і Південним Бугом	0,011	1,31	0	30

**2. Визначення статистичних характеристик меженого стоку річок  
зони недостатньої водності України**

Для статистичної обробки характеристик часових рядів мінімальних 30-добових витрат використано багаторічні дані по 69 гідрологічних постах за зимовий та літньо-осінній період у зоні недостатньої водності України. За розрахунковий узятो період від початку спостережень до

2015 р. включно. Для визначення статистичних параметрів використано метод моментів та найбільшої правдоподібності<sup>15</sup>.

Аналіз статистичних характеристик часових рядів *30-добових мінімальних витрат води за зимовий період* зі стійким льодоставом у зоні недостатньої водності показує, що вони змінюються в широкому діапазоні. Так, коефіцієнти варіації  $C_v$ , розраховані за методом моментів, змінюються від 0,36 (р. Сіверський Донець – с. Протопопівка) до 3,39 (р. Тилігул – с. Березівка). Коефіцієнти асиметрії  $C_s$  коливаються в межах від -0,63 (р. Чага – с. Мирнопілля) до 4,04 (р. Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя). Співвідношення  $C_v/C_s$  на досліджуваній території змінюється від -0,9 (р. Чага – с. Мирнопілля) до 4,0 (р. Нагольна – с. Дякове).

Статистичні характеристики, розраховані за допомогою методу найбільшої правдоподібності, змінюються практично в тих самих межах. Коефіцієнт  $C_v$  – від 0,36 (р. Сіверський Донець – с. Протопопівка) до 3,78 (р. Тилігул – с. Березівка), коефіцієнт  $C_s$  – 0,39 (р. Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка), співвідношення  $C_v/C_s$  – 0,6 (р. Корсак – с. Аннівка) – 5,9 (р. Бик – с. Самарське (Іванівка)).

Середнє значення співвідношення  $C_v/C_s$ , розраховане за допомогою методу моментів, дорівнює 1,9, а за допомогою методу найбільшої правдоподібності дорівнює 2,3. У подальших розрахунках, ураховуючи той факт, що значення  $C_v$  практично для всіх рядів перевищують 0,5, згідно з нормативним документом, рекомендується використовувати метод найбільшої правдоподібності<sup>14</sup>, а співвідношення  $C_v/C_s$  осереднити на рівні 2,5.

Статистичні характеристики часових рядів *30-добових мінімальних витрат води за літньо-осінній період* зі стійким льодоставом у зоні недостатньої водності, як і для періоду зимової межени, коливаються в досить значних межах. Коефіцієнт  $C_v$ , розрахований за методом моментів, коливається в межах від 0,27 (р. Сіверський Донець – с. Протопопівка) до 3,86 (р. Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя), коефіцієнт  $C_s$  – від -0,12 (р. Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка) до 5,53 (р. Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя), співвідношення  $C_v/C_s$  змінюється від -0,3 (р. Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка) до 4,2 (р. Нагольна – с. Дякове). Середнє значення  $C_v/C_s$  становить 1,5.

---

<sup>15</sup> Кущенко Л.В., Овчарук В.А. Порівняльний аналіз статистичних характеристик мінімального стоку річок у зоні недостатньої водності України. *Матеріали XIX наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету*, м. Одеса, 25–29 травня 2020 р. Одеса : ОДЕКУ, 2020. С. 121–122.

Значення статистичних характеристик, розрахованих за методом найбільшої правдоподібності, розраховані за період літньо-осінньої межені, змінюються в такому діапазоні: коефіцієнт  $C_v$  від  $-0,27$  (р. Сіверський Донець – с. Протопопівка) до  $4,37$  (р. Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя),  $C_s$  – від  $0,01$  (р. Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка) до  $11,81$  (р. Айдар – с. Бахмутівка). Співвідношення  $C_v/C_s$  коливається від  $0,0$  (р. Кріпенька – х. Чугуно-Крепинка) до  $5,9$  (р. Нагольна – с. Дякове), середнє значення співвідношення  $C_v/C_s$  дорівнює  $2,0$ .

### **3. Просторовий розподіл статистичних параметрів часових рядів мінімального стоку в межах суббасейнів**

Із метою аналізу територіального розподілу статистичних характеристик мінімального стоку річок у періоди зимової та літньо-осінньої межені виконане їх осереднення в межах суббасейнів на досліджуваній території.

У період зимової межені (табл. 7) для річок Причорномор'я характерна практична відсутність автокореляції в часових рядах, але водночас значна мінливість стоку із середнім значенням коефіцієнту варіації на рівні  $1,67-1,82$  за максимальних його значень  $3,39-3,78$ . Мінімальні значення коефіцієнтів варіації становлять  $0,68-0,72$ , а середнє співвідношення  $C_s/C_v$  за методом найбільшої правдоподібності становить  $1,77$ .

Для річок у межах суббасейну Південного Бугу вже добре виражена автокореляція (на рівні  $0,35$ ) та дещо зменшуються коефіцієнти варіації – середні значення коливаються на рівні  $0,98-1,03$ . З іншого боку, співвідношення  $C_s/C_v$  збільшується й досягає  $1,91-2,45$ . Максимальні та мінімальні значення досліджуваних параметрів несуттєво відрізняються від річок Причорномор'я.

Для суббасейну Дніпра в межах зони недостатньої водності статистичні характеристики рядів зимової межені дещо зменшуються за абсолютними значеннями: середнє значення коефіцієнта автокореляції становить  $0,22$ , а діапазон коливань мінливості стоку зменшується до  $0,91-0,95$ , а співвідношення  $C_s/C_v$  – до  $1,79-2,33$ . Порівняно з попередніми суббасейнами суттєво зменшуються максимальні значення коефіцієнтів варіації, які досягають тільки  $1,63-1,70$ , та продовжується зменшення мінімальних значень цього параметру, водночас максимальні значення  $C_v/C_s$  значно підвищуються й досягають уже значень  $3,4-5,9$ .

У міру просування на схід досліджуваної території, у суббасейні Дону, продовжується суттєве зменшення коефіцієнтів варіації –

до 0,64-0,65, однак спостерігається незначне збільшення співвідношення  $C_s/C_v$  – на рівні 1,97–2,25.

З іншого боку, автокореляція часових рядів тут підвищується, й середнє значення відповідного коефіцієнту становить уже 0,33 та практично досягає значення, яке отримане для річок суббасейну Південного Бугу. Граничні значення мінливості мінімального зимового стоку в суббасейні Дону значно нижче порівняно з усіма попередніми.

Таблиця 7

**Характерні величини параметрів  $C_v$ ,  $C_s$  і  $C_s/C_v$  часових рядів мінімальних витрат у період зимової межени в зоні недостатньої водності України**

№	Басейн	Характерні величини	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності			
			$r(1)$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	Річок Причорномор'я	Середн.	<b>-0,03</b>	<b>1,67</b>	<b>1,72</b>	<b>0,77</b>	<b>1,82</b>	<b>3,19</b>	<b>1,77</b>
		Мінім.		0,68	-0,63	-0,9	0,72	0,66	0,9
		Макс.		3,39	3,92	2	3,78	6,35	2,7
2	Південний Буг	Середн.	<b>0,35</b>	<b>0,98</b>	<b>1,80</b>	<b>1,91</b>	<b>1,03</b>	<b>2,61</b>	<b>2,45</b>
		Мінім.		0,50	0,61	0,9	0,50	0,65	1,0
		Макс.		2,77	4,04	3,1	3,01	6,91	4,0
3	Басейн Дніпра	Середн.	<b>0,22</b>	<b>0,91</b>	<b>1,66</b>	<b>1,79</b>	<b>0,95</b>	<b>2,33</b>	<b>2,33</b>
		Мінім.		0,47	0,39	0,7	0,47	0,43	0,8
		Макс.		1,63	3,97	3,4	1,70	7,30	5,9
4	Басейн Дону	Середн.	<b>0,33</b>	<b>0,64</b>	<b>1,19</b>	<b>1,97</b>	<b>0,65</b>	<b>1,39</b>	<b>2,25</b>
		Мінім.		0,36	0,49	0,9	0,36	0,52	0,9
		Макс.		1,11	2,12	3,7	1,18	2,65	4,5
5	Річок Приазов'я	Середн.	<b>0,29</b>	<b>0,66</b>	<b>1,36</b>	<b>2,01</b>	<b>0,69</b>	<b>1,78</b>	<b>2,45</b>
		Мінім.		0,39	0,34	0,5	0,39	0,39	0,6
		Макс.		1,02	3,16	4,1	1,07	4,97	5,5

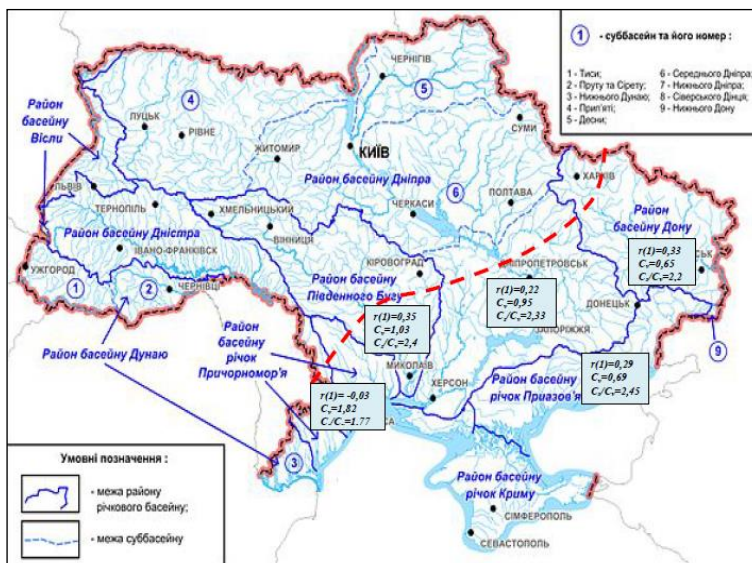
Статистичні параметри у суббасейні річок *Приазов'я* несуттєво відрізняються від аналогічних характеристик суббасейну Дону, але середні значення дещо вищі за незначного зниження коефіцієнта автокореляції.

У графічному виді територіальній розподіл середніх значень статистичних характеристик по суббасейнах представлений на рис. 5.

На відміну від зимової межени у період літньо-осінньої межени (табл. 8) на річках Причорномор'я спостерігається високий коефіцієнт автокореляції (0,68), максимальне значення коефіцієнту варіації ( $C_v$ ) коливається на рівні 1,12–1,44, мінімальне – на рівні 1,11–1,19. Середнє співвідношення  $C_s/C_v$  за методом найбільшої правдоподібності становить 0,90.

Для суббасейну Дону в межах досліджуваної території коефіцієнт автокореляції знову підвищується і становить 0,48, що майже співпадає зі значенням, яке спостерігається в суббасейні Південного Бугу. Щодо

інших статистичних параметрів ( $C_v$ ,  $C_s/C_v$ ) то їхні максимальні та мінімальні значення порівняно з попередніми суббасейнами *Південного Бугу* та *Дніпра* продовжують зменшуватися.



**Рис. 5. Розподіл статистичних параметрів часових рядів мінімальних витрат у період зимової межені по суббасейнах головних річок у межах зони недостатньої водності України**

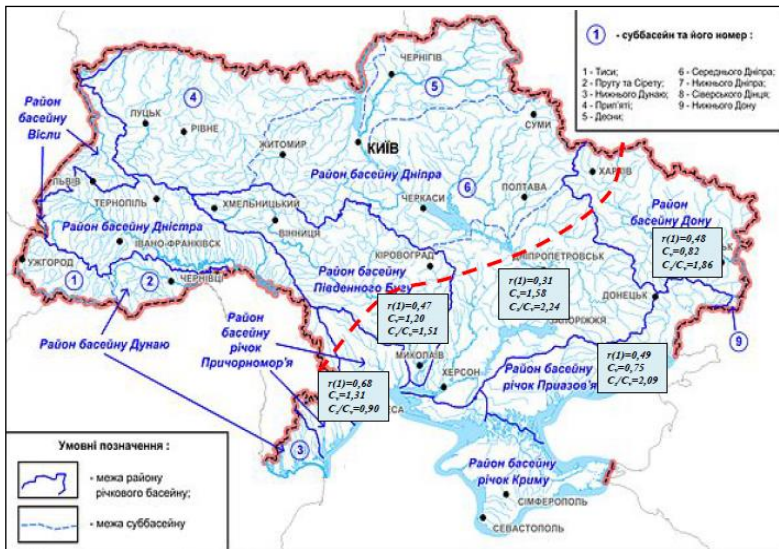
Порівнюючи з попередніми суббасейнами в межах суббасейну річок *Приазов'я*, спостерігається незначне збільшення коефіцієнта автокореляції, на рівні 0,49, мінімального значення коефіцієнта варіації – до 0,32–0,33 та середнього співвідношення  $C_s/C_v$  за методом моментів – до 2,09, але зменшується максимальне значення коефіцієнту варіації – до 1,24–1,28.

У графічному виді територіальній розподіл середніх значень статистичних характеристик параметрів часових рядів мінімальних витрат у період літньо-осінньої межені по суббасейнах головних річок у межах зони недостатньої водності України представлений на рис. 6.

Таблиця 8

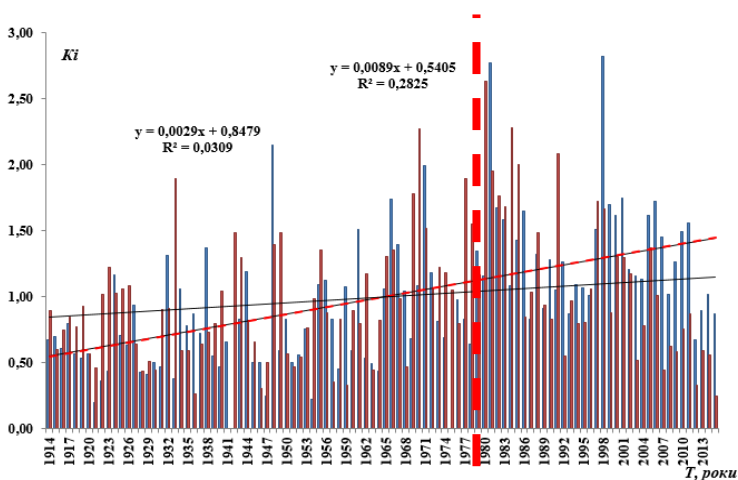
**Характерні величини параметрів  $C_v$ ,  $C_s$  і  $C_s/C_v$  часових рядів  
мінімальних витрат у період літньо-осінньої межні  
в зоні недостатньої водності України**

№	Басейн	Характерні величини	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності		
			$r(1)$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	Річок Причорномор'я	Середн.	<b>0,68</b>	<b>1,12</b>	<b>0,81</b>	<b>0,75</b>	<b>1,31</b>	<b>1,16</b>	<b>0,90</b>
		Мінім.		1,11	0,51	0,5	1,19	0,90	0,6
		Макс.		1,12	1,12	1	1,44	1,41	1,2
2	Південний Буг	Середн.	<b>0,47</b>	<b>1,12</b>	<b>1,42</b>	<b>1,26</b>	<b>1,20</b>	<b>2,05</b>	<b>1,51</b>
		Мінім.		0,49	0,33	0,5	0,50	0,40	0,6
		Макс.		3,86	5,53	2,2	4,37	10,55	2,8
3	Басейн Дніпра	Середн.	<b>0,31</b>	<b>1,46</b>	<b>2,39</b>	<b>1,63</b>	<b>1,58</b>	<b>3,71</b>	<b>2,24</b>
		Мінім.		0,60	0,38	0,6	0,63	0,47	0,7
		Макс.		3,37	4,79	3	4,15	10,65	4,3
4	Басейн Дону	Середн.	<b>0,48</b>	<b>0,79</b>	<b>1,26</b>	<b>1,48</b>	<b>0,82</b>	<b>1,88</b>	<b>1,86</b>
		Мінім.		0,27	0,08	0,3	0,27	0,13	0,5
		Макс.		2,12	4,89	3,2	2,34	11,81	5,0
5	Річок Приазов'я	Середн.	<b>0,49</b>	<b>0,71</b>	<b>1,22</b>	<b>1,67</b>	<b>0,75</b>	<b>1,63</b>	<b>2,09</b>
		Мінім.		0,32	-0,12	-0,3	0,33	0,01	0,0
		Макс.		1,24	2,81	4,2	1,28	4,60	5,9



**Рис. 6. Розподіл статистичних параметрів часових рядів мінімальних витрат у період літньо-осінньої межні по суббасейнах головних річок у межах зони недостатньої водності України**

**Часові тенденції ходу стоку межени.** Дослідження багаторічних часових рядів зимової та літньо-осінньої межени для р. Південний Буг – смт Олександрівка з початку періоду спостережень по 2015 р. показують що для зимової межени спостерігається незначна тенденція до збільшення з коефіцієнтом кореляції ( $r=0,18$ ). Для стоку літньо-осінньої межени спостерігається чітко виражений позитивний тренд зі значущим коефіцієнтом кореляції ( $r=0,53$ ). Суттєве збільшення мінімального стоку спостерігається після 1980-х років, що підтверджує висновки провідних учених-гідрологів України (В.В. Гребень<sup>16</sup> та Н.С. Лобода<sup>17</sup>) щодо початку впливу кліматичних змін на водний режим річок у цей період.



**Рис. 7. Хронологічний графік ходу зимової та літньо-осінньої межени для р. Південний Буг – смт Олександрівка**

## ВИСНОВКИ

Для аналізу мінімального стоку в зоні недостатньої водності України наявна гідрометеорологічна багаторічна інформація про

<sup>16</sup> Гребень В.В. Современные особенности внутригодового распределения стока рек Украины. Глобальные и региональные изменения климата. Киев : Ника-Центр, 2005. С. 391–401.

<sup>17</sup> Лобода Н.С. Влияние изменений климата на водные ресурсы Украины: моделирование и прогнозы по данным климатических сценариев. Глобальные и региональные изменения климата. Киев : Ника-Центр, 2011. С. 340–351.

мінімальні 30-добові витрати води у період відкритого русла та зимовий період зі стійким льодовим покривом.

Під час створення бази вихідної інформації по часових рядах мінімального стоку річок у період зимової та літньо-осінньої межені використано дані по 69 гідрологічних постах із періодом спостережень від їх початку до 2015 р. включно та діапазоном водозбірних площ від 145 км<sup>2</sup> (Кодима – с. Обжила) до 46 200 км<sup>2</sup> (Південний Буг – смт Олександрівка).

За класифікацією А.І. Чеботарьова на досліджуваній території 68% річок відносяться до категорії малих та 32% – до середніх.

Згідно з класифікацією, запропонованою у Водній рамковій директиві ЄС 2000/60/ЄС, річки в зоні недостатньої водності України поділяються на чотири категорії: малі – 1,4%, середні – 43,4%, великі – 48% та дуже великі – 7,2%.

Для статистичної обробки характеристик часових рядів мінімальних 30-добових витрат використано багаторічні дані по 69 гідрологічних постах за зимовий та літньо-осінній періоди в зоні недостатньої водності України. За розрахунковий узято період від початку спостережень до 2015 р. включно. Для визначення статистичних параметрів ( $r(I)$ ,  $C_s$ ,  $C_v$ ,  $C_s/C_v$ ) використано метод моментів та найбільшої правдоподібності.

Із метою аналізу просторового розподілу статистичних параметрів мінімального стоку річок у періоди зимової та літньо-осінньої межені виконане їх осереднення в межах суббасейнів (річок Причорномор'я, Південний Буг, басейн Дніпра, басейн Дону та річок Приазов'я) на досліджуваній території та представлено в графічному вигляді.

Аналіз багаторічних тенденцій у ході мінімального стоку річок досліджуваної території показав значущий позитивний тренд у період літньо-осінньої межені та незначну тенденцію до збільшення у зимовий період.

## **АНОТАЦІЯ**

У дослідженні представлено результати комплексного аналізу умов формування та просторово-часового розподілу меженого стоку річок, які протікають у межах зони недостатньої водності України. Актуальність поставленого наукового завдання зумовлена сучасними кліматичними змінами, що спостерігаються на досліджуваній території та мають значний вплив на мінімальний стік річок. Величини мінімальних витрат води заданої ймовірності перевищення є визначальними під час проектування меліоративних заходів, зокрема зрошення, заборів води для безперебійного водопостачання населених пунктів, а також багатьох галузей народного господарства. На сучасних



вихідних даних визначено тривалість періодів пересихання та перемерзання річок, граничні площі водозборів, на яких можуть спостерігатися ці явища. За результатами статистичної обробки визначено основні розрахункові характеристики меженного стоку, окремо у період стійкого льодового покриву та відкритого русла. Отримані статистичні параметри осереднені в межах суббасейнів головних річок зони недостатньої водності України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лобода Н.С., Куза А.М., Козлов О.М. Оцінка можливих змін водних ресурсів річок водозбору Куяльницького лиману на початку XXI сторіччя (2021–2050 рр.) за моделями кліматичного сценарію RCP4.5. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2019. № 23. С. 42–53. DOI: 10.31481/uhmj.23.2019.05.

2. Hydrological impacts of moderate and high-end climate change across European river basins / A. Lobanova et al. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2018. Vol. 18. P. 15–30. DOI: 10.1016/j.ejrh.2018.05.003.

3. Renata J. Romanowicz. The Influence Of Climate Change On Hydrological Extremes: Floods & Droughts. October 2017. DOI: 10.31988/SciTrends.3899.

4. Impact of a changing climate, land use, and water usage on water resources in the Danube river basin / B. Bisselink et al. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*. 2018. P. 3–70. DOI: 10.2760/89828.

5. Кущенко Л.В., Овчарук В.А. Умови формування меженного стоку річок у зоні недостатньої водності України. *Матеріали конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету*, м. Одеса, 02–08 травня 2018 р. Одеса : ТЕС, 2018. С. 131–132.

6. Атлас України / кер. проекту Л.Г. Руденко, В.С. Чабанюк, А.І. Бочковська ; Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», 1999–2000. URL: <http://www.isgeo.kiev.ua> (дата звернення: 20.11.2018).

7. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу / В.В. Гребінь та ін. Київ : Інтерпрес ЛТД, 2013. 55 с.

8. Water Resources Management In The Region of Odessa (Ukraine) / V. Ovcharuk et al. *International Journal of Recent Scientific Research Research*. 2018. Vol. 9. Issue 2(A). P. 23758–23762. DOI: 10.24327/ijrsr.2018.0902.1532.

9. Гідролого-генетичний аналіз часових рядів мінімального стоку річок в зоні недостатньої водності України за сучасних кліматичних

умов / Л.В. Кущенко та ін. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 3(54). С. 51–53.

10. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Ленинград : Гидрометеиздат, 1964. 221 с.

11. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.

12. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. Москва : ГУГК, 1978. 183 с.

13. Тодорова О.І., Кущенко Л.В. Перемерзання та пересихання малих річок в зоні недостатньої водності України. *Матеріали II всеукраїнського пленера з питань природничих наук*, м. Одеса, 26–28 липня 2018 р. Одеса, 2018. С. 13–15.

14. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. 447 с.

15. Кущенко Л.В., Овчарук В.А. Порівняльний аналіз статистичних характеристик мінімального стоку річок у зоні недостатньої водності України. *Матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету*, м. Одеса, 25–29 травня 2020 р. Одеса : ОДЕКУ, 2020. С. 121–122.

16. Гребень В.В. Современные особенности внутригодового распределения стока рек Украины. Глобальные и региональные изменения климата. Киев : Ника-Центр, 2005. С. 391–401.

17. Лобода Н.С. Влияние изменений климата на водные ресурсы Украины моделирование и прогнозы по данным климатических сценариев. Глобальные и региональные изменения климата. Киев : Ника-Центр, 2011. С. 340–351.

**Information about the authors:**

**Ovcharuk V. A.,**

Doctor of Geographical Sciences,

Associate Professor,

Director

Hydrometeorological Institute

of the Odessa State Environmental University

15, Lvovskay str., Odessa, 65016, Ukraine

**Kushchenko L. V.,**

PhD Student at the Department of Land Hydrology

Odessa State Environmental University

15, Lvovskay str., Odessa, 65016, Ukraine