

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.2>

УДК 556.5

**Гопцій М.В., Овчарук В.А., Кущенко Л.В., Прокоф'єв О.М., Гоян Ю.О.**

*Одеський державний екологічний університет, м. Одеса*

## **МІНІМАЛЬНИЙ ВОДНИЙ СТІК РАЙОНУ БАСЕЙНУ РІЧОК ПРИАЗОВ'Я В ПЕРІОДИ ЛІТНЬО-ОСІННЬОЇ ТА ЗИМОВОЇ МЕЖЕНІ**

*У статті проаналізовані сучасні умови формування меженого стоку району басейну річок Приазов'я. За допомогою методу різницевих інтегральних кривих досліджена циклічність в хронологічних рядах мінімального стоку, однорідність вихідної інформації оцінена з використанням параметричних та непараметричних критеріїв. Наведені узагальнення характеристик меженого стоку та запропонована методика визначення мінімального стоку за літньо-осінній та зимовий періоди на річках Приазов'я, яка обґрунтована на сучасних даних з врахуванням особливостей регіону.*

**Ключові слова:** мінімальний стік річок; межень за зимовий та літньо-осінній періоди; статистичний аналіз; норма мінімального стоку; циклічність; узагальнення.

**Вступ.** Обґрунтування сучасних розрахункових характеристик мінімального стоку річок представляє інтерес для науковців у зв'язку зі змінами клімату [1-4], зокрема, за результатами досліджень провідних українських вчених [5-10] найбільшого впливу кліматичних змін слід очікувати на Півдні України, де саме й розташована територія району басейну річок Приазов'я [11]. Небезпечні наслідки кліматичних змін проявляються в різних галузях діяльності людини, та одним з цих проявів є збільшення частоти та амплітуди небезпечних природних явищ до яких в гідрологічному циклі можна віднести катастрофічні паводки різного походження та періоди тривалого низького стоку, або маловоддя. Так, наприклад, в останні роки (2018-2020 рр.), за даними Харківського регіонального центру з гідрометеорології [12] у зимовий період на території досліджуваного регіону водність річок не перевищує 30-60 % місячних норм, а у літньо-осінній період ще менше – 30-50 % від місячних норм, тоді як у червні-вересні 2018 р. взагалі 7-13 % (нижче критеріїв маловоддя – 20 % норми). У серпні 2020 р. на р. Берда–с. Захарівка впродовж місяця взагалі відмічалася стояча вода [13].

Для запобігання виснаження водних ресурсів регіону необхідним є їх раціональне використання протягом року, а також сучасна інформація щодо об'ємів витрат, які повинні залишитися в річці для підтримки її нормального стану, який характеризується екологічною витратою. Ця важлива характеристика може бути визначена різними способами, в тому числі й на базі мінімальних витрат води різної забезпеченості. Отже, завдання визначення характеристик мінімального стоку на сучасних вихідних даних та оцінку їх мінливості для регіону Приазов'я є актуальним, як в науковому, так й в практичному відношенні.

**Вихідні передумови.** Дослідженню та узагальненню характеристик мінімального стоку присвячено багато досліджень, а ретельний аналіз існуючих методів і публікацій, виконаний Жовнір В.В. та Гребінем В.В., представлений в [14]. Не зупиняючись окремо на цьому питанні, слід лише відмітити, що актуальним є оновлення даних розрахунків саме за останні роки, враховуючи стрімке потепління та зміни клімату, зокрема на Півдні України. Для визначення та аналізу статистичних характеристик меженого стоку за літньо-осінній і зимовий періоди на річках Приазов'я використані часові ряди спостережень по мінімальному стоку річок по 16 гідрологічних постах зі стійким льодовим режимом від початку інструментальних спостережень по 2015 рік, включно.

Узагальнення характеристик мінімального стоку виконано за даними спостережень на малих та середніх водозборах з площею від 63 км<sup>2</sup> (б. Полкова - с. Кременівка) до 3700 км<sup>2</sup> (р. Кальміус – смт Приморське) та періодом спостережень, що коливається в межах 16-79 років.

Для річок Приазов'я характерна літньо-осіння межень, що порушується окремими підйомами, викликаними дощовими паводками, й деяким підвищенням стоку у передзимовий період, а також зимова межень, яка переривається у окремі роки підйомами рівня за рахунок танення снігу під час відлиг. Особливості водного режиму досліджуваних річок добре ілюструє рис. 1, на якому представлені характерні гідрографи за різні роки спостережень. Так, на прикладі р. Молочна - с. Токмак, в 2003 р. можна виділити зимову межень, яка перервалася значними паводками, викликаними таненням снігу, а після, наприкінці весни та влітку, спостерігалась межень. На початку осені відмічається різкий підйом, що зумовлений випаданням дощів, після чого знову встановлюється літньо-осіння межень.

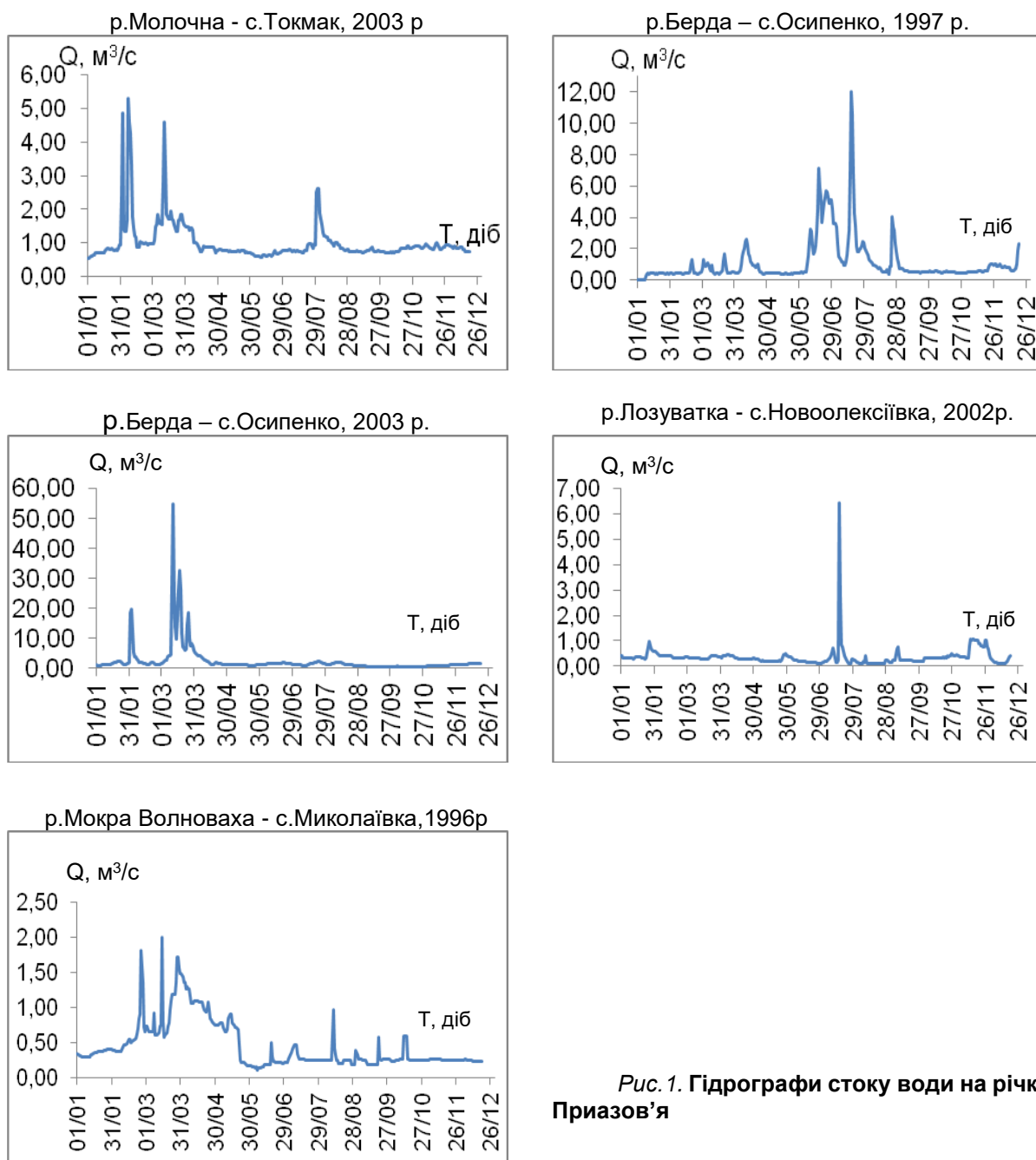


Рис. 1. Гідрографи стоку води на річках Приазов'я

Аналіз гідрографів стоку річок Приазов'я показує, що протягом як зимового, так і літньо-осіннього періодів року, багато річок пересихають. Однак, одночасно, відмічаються й значні підйоми рівнів води за рахунок атмосферних опадів.

Формування межени на річках Приазов'я спостерігається не одночасно. Так у верхів'ях Молочної та Берди, початок літньо-осінньої межени відмічається у травні, південніше – у червні, а у межах низовини – у квітні. Тривалість літньо-осінньої межени коливається від 140 до 200 днів, а найбільш маловодний період – від 30 до 50 днів. Кінець літньо-осінньої межени відноситься до середини листопада.

На річках Кальміус і Міус початок літньо-осінньої межени зсувається на літо аж до серпня за рахунок суттєвого антропогенного впливу, а саме скидання шахтних та промислових вод. Тривалість періоду межени коливається у значних межах (від 75 до 192 днів), а тривалість найбільш маловодного періоду – від 15 до 32 днів. Закінчення літньо-осінньої межени на річках цієї частини території відноситься до кінця листопада – початку грудня.

У районі Донбасу на річках Приазов'я початок зимової межени відзначається у листопаді, а іноді й у першій декаді січня, що обумовлюється суттєвим порушенням природного режиму річок. На річках, які протікають в межах Українського кристалічного щиту початок зимової межени відноситься до грудня. Тривалість зимової межени коливається від 20 до 50 днів у районі Донецького кряжу і від 35 до 50 днів у межах Українського кристалічного щиту [11].

Таким чином, найбільш тривалі періоди літньо-осінньої межени характерні для річок південної частини досліджуваної території; у північній частині межень встановлюється пізніше та є менш тривалою.

Основною **метою** дослідження є розробка рекомендацій щодо визначення характеристик мінімального стоку на річках Приазов'я у періоди межени, яка ґрунтується на сучасних матеріалах спостереження та дозволяє визначити стік річок регіону, які є не вивчені у гідрологічному відношенні.

**Методи та результати дослідження.** Першочерговим етапом дослідження є перевірка можливості використання статистичних методів для аналізу часових рядів спостереження на річках Приазов'я.

Перевірка гіпотези про однорідність рядів гідрологічної інформації здійснена на основі використання стандартних (параметричних) і непараметричних критеріїв, а саме висновок зроблено базуючись на результати перевірки по трьом критеріям: Ст'юдента, Фішера і Вількоксона [15].

За загальним висновком по трьох критеріях за літньо-осінню межень 5 часових рядів неоднорідні при 1% рівні значимості та 7 рядів – при 5% рівні значимості. При цьому у зимову межень лише 1 часовий ряд спостереження не однорідний як при 1 %, так і при 5 % рівні значимості.

Причинами неоднорідності часових рядів стоку може бути, перш за все, наявність не повних циклів водності, а також трендів обумовлених кліматичними змінами та антропогенним впливом. Циклічність меженого стоку річок Приазов'я оцінювалась методом різницево-інтегральних кривих (рис. 2).

Аналіз представлених графіків показує, що всі ряди спостережень зв'язані між собою циклічними коливаннями, які виражаються синхронними маловодними та багатоводними фазами стоку, однак, відмічається й асинхронність деяких рядів як і для періоду літньо-осінньої, так і для зимової межени, що порушувалися дощовими паводками або відлигами.

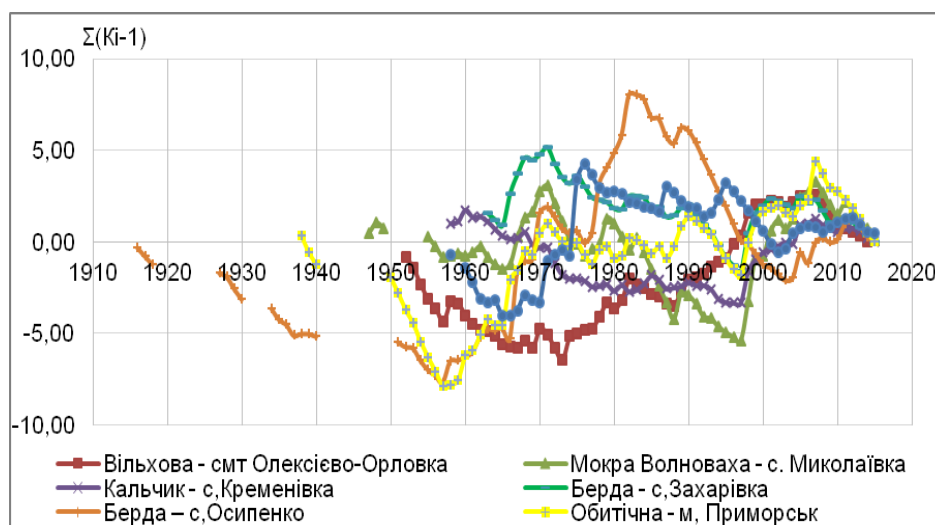
Проте розглянуті часові ряди спостережень мають повні цикли водності, що дозволяє зробити висновок щодо надійності отриманих статистичних характеристик меженого стоку. Слід також відмітити, що в останні роки по всій території Приазов'я на річках в період зимової та літньо-осінньої межени настала маловодна фаза, яка розпочалася з 2005-2010 років.

Дослідження трендів у стокових рядах за побудованими хронологічними графіками у період літньо-осінньої межени показало, що по 6 з 7 водозборів значущі тренди відсутні. Тим не менш слід відмітити, що по посту р. Вільхова - смт Олексієво-Орловка відмічається значущий позитивний тренд, якщо розглядати весь період інструментальних вимірювань, та значущий тренд до зменшення стоку у період літньо-осінньої межени, якщо розглядати період з початку кліматичних змін, згідно досліджень В.В. Гребеня [16].

Інша ситуація спостерігається у період зимової межени. Починаючи з початку 90-х років вимічаються виражені тренди по зменшенню стоку по 3 із 7 розглянутих водозборів,

невиражені – по 3 водозборах, і лише для р. Берда – с. Осипенко – значущий тренд до збільшення меженного стоку [17].

а)



б)

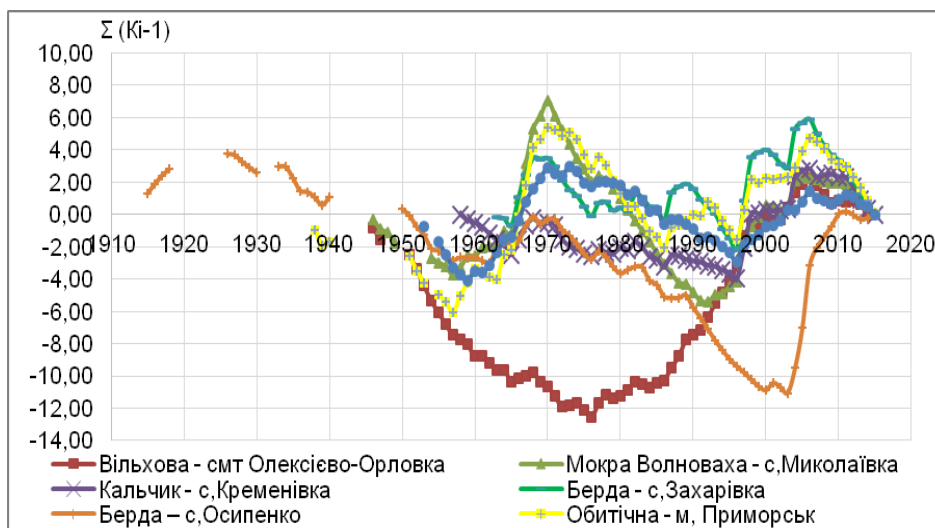


Рис. 2. Різницево-інтегральні криві зимового (а) та літньо-осіннього (б) меженного стоку на річках Приазов'я

За результатами стандартної статистичної обробки та з врахуванням уточнення статистичних параметрів по річках аналогах, середній модуль мінімального стоку за літньо-осінній період на річках Приазов'я змінюється від 0,030 л/(с·км<sup>2</sup>) (р. Молочна - с. Терпіння,  $F = 2780$  км<sup>2</sup>) до 2,46 л/(с·км<sup>2</sup>) (р. Кріпенька - х. Чугуно-Крепинка,  $F = 224$  км<sup>2</sup>) при діапазоні коливання коефіцієнтів  $C_v = 0,32-1,27$  та середньому співвідношенні  $C_s/C_v = 2,0$ .

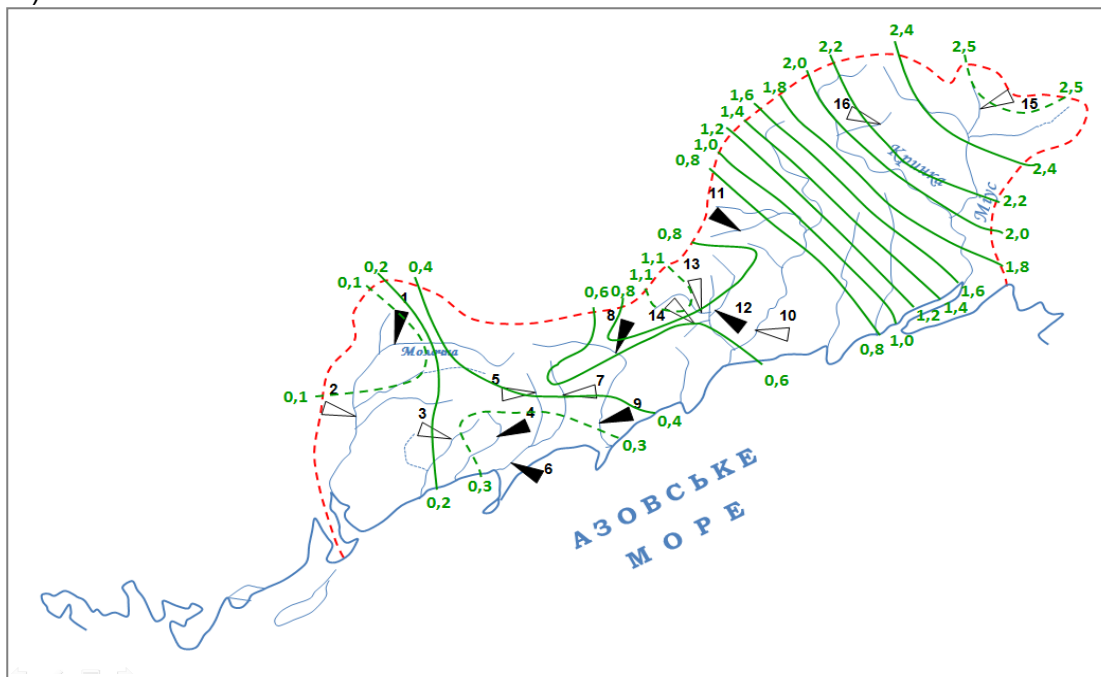
У свою чергу модуль мінімального стоку за зимовий період має вищі значення на розглянутій території і змінюється від 0,291 л/(с·км<sup>2</sup>) (р. Молочна - с. Терпіння,  $F = 2780$  км<sup>2</sup>) до 3,27 л/(с·км<sup>2</sup>) (р. Кріпенька - х. Чугуно-Крепинка,  $F = 224$  км<sup>2</sup>) при значеннях коефіцієнтів варіації 0,39-1,07 та середньому співвідношенні  $C_s/C_v = 2,0$ .

Після статистичного аналізу часових рядів мінімального стоку просторовому узагальненню, зазвичай, підлягають середні величини або характеристики тієї чи іншої ймовірності перевищення з перевіркою можливого впливу місцевих чинників на величину стоку.

Досліджувана територія розташована у степовій зоні України з посушливим жарким кліматом. Лісистість водозборів в середньому 4-5 %, а заболоченість не більше 1 %, отже вони не оказують значущого впливу на розглядувані характеристики меженого стоку.

Основним фактором, який впливає на величину меженого стоку, як у літньо-осінній, так і у зимовий періоди, є широтне положення водозборів, що дозволяє побудувати карти ізоліній середніх мінімальних 30-ти добових модулів стоку  $\bar{q}_{\min 30}$  (рис. 3).

A)



B)

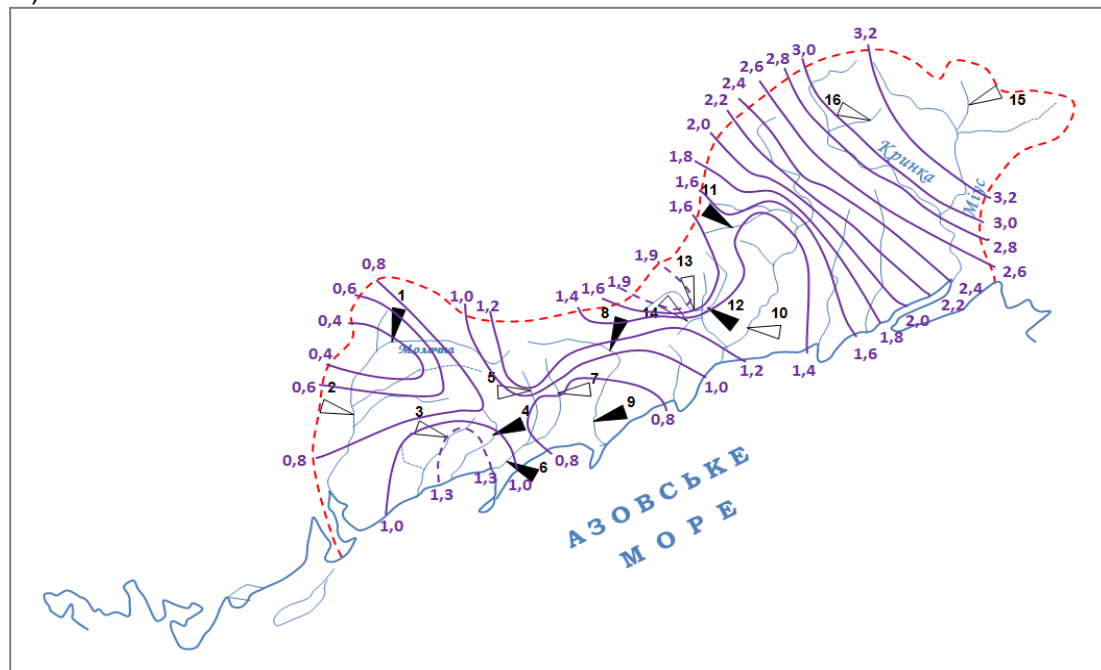


Рис. 3. Карта ізоліній середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $\bar{q}_{\min 30}$  на річках Приазов'я за літньо-осінній (А) та зимовий (Б) періоди межені

Ізолінії проведені з кроком 0,20 л/(с·км<sup>2</sup>), по території значення  $\bar{q}_{\min 30}$  розподілені нерівномірно:

- у період літньо-осінньої межені середній мінімальний 30-ти добовий модуль стоку  $\bar{q}_{\min 30}$  в басейні р. Молочна (південно-західна частина території) складає 0,30 л/(с·км<sup>2</sup>) та значно збільшується у північно-східному напрямку до 2,00 – 2,50 л/(с·км<sup>2</sup>) у басейнах річок Кринка та Міус на території Приазов'я [17]. Похибка карти ізоліній величини  $\bar{q}_{\min 30}$  складає  $\pm 7,7 \%$ ;

- у період зимової межені середній мінімальний 30-ти добовий модуль стоку  $\bar{q}_{\min 30}$  на території Приазов'я змінюється від 0,40 л/(с·км<sup>2</sup>) в басейні р. Молочна (південно-західна частина території) до 3,00 – 3,20 л/(с·км<sup>2</sup>) в басейнах річок Кринка та Міус (північно-східна частина території) [17]. Похибка карти ізоліній величини  $\bar{q}_{\min 30}$  на річках Приазов'я у зимовий період складає  $\pm 4,3 \%$ .

Відповідно до нормативного документу СНІП 2.01.14-83 [18], який є досі чинним в Україні, для мінімального стоку розрахунковою ймовірністю є  $P = 80 \%$ , а для визначення вище згаданих екологічних витрат необхідно мати у розпорядженні величини забезпеченістю  $P = 95 \%$ . Таким чином, наступною задачею дослідження стало узагальнення коефіцієнтів варіації та асиметрії часових рядів меженого стоку.

В процесі дослідження факторної обумовленості мінливості мінімального стоку для річок Приазов'я виявилось корисним, з точки зору підвищення точності розрахунку коефіцієнтів варіації  $C_v$ , побудування залежності його від співвідношення середнього значення  $\bar{q}_{\min 30}$  до регіонально орієнтовної величини шарів стоку, яка відповідає найменшому територіальному значенню  $\bar{q}_{\min 0}$ . В результаті отримані регіональні розрахункові рівняння вигляду:

- для літньо-осінньої межені

$$C_v = 0,661 - 0,482 \lg(\bar{q}_{\min 30} / \bar{q}_0), \quad r = 0,68 \quad (1)$$

де  $\bar{q}_0 = 0,757$  л/(с·км<sup>2</sup>);

- для зимової межені

$$C_v = 0,629 - 0,619 \lg(\bar{q}_{\min} / \bar{q}_0), \quad r = 0,77 \quad (2)$$

де  $\bar{q}_0 = 1,41$  л/(с·км<sup>2</sup>).

Точність розрахунку за запропонованими регіональними рівняннями для визначення коефіцієнтів варіації задовольняють вимогам щодо точності розрахункових характеристик  $\sigma_{C_v} < 20\%$  [18].

Коефіцієнт асиметрії рекомендовано приймати  $C_s = 2.0C_v$  для річок Приазов'я, як у літньо-осінній, так і у зимовий періоди.

#### **Висновки.**

- В період регіональних та глобальних кліматичних змін надійне обґрунтування характеристик меженого стоку в зоні недостатньої водності, до якої належить район басейну річок Приазов'я, є актуальною науково-практичною задачею;
- В результаті дослідження проаналізовано сучасний режим меженого стоку річок Приазов'я на сучасних вихідних даних, який характеризується циклічними синхронними коливаннями серед яких на даний час спостерігається маловодна фаза;
- Розрахункові мінімальні 30-ти добові модулі стоку узагальнені за територією у вигляді карти ізоліній окремо для літньо-осінньої та зимової межені;
- Для визначення коефіцієнтів мінливості меженого стоку отримані регіональні розрахункові рівняння точність розрахунку за якими забезпечується значущими

коефіцієнтами кореляції; коефіцієнт асиметрії нормований по відношенню до коефіцієнта варіації на рівні 2.0;

- Запропонована регіональна методика визначення величини мінімального стоку за літньо-осінній та зимовий періоди дозволяє використовувати її без доробок з метою надійного обґрунтування стокових характеристик в період межени на річках Приазов'я.

#### Список літератури.

1. *Camilloni, I., V. Barros, S. Moreiras, G. Poveda, and J. Tomasella*, 2020: Floods and Droughts. In: *Adaptation to Climate Change Risks in Ibero-American Countries — RIOCCADAPT Report* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo, and U. Oswald Spring (eds.)], McGraw Hill, Madrid, Spain (pp. 371-396, ISBN: 9788448621667).

2. *A. Akhter and S. Azam*. Flood-Drought Hazard Assessment for a Flat Clayey Deposit in the Canadian Prairies.//*Journal of Environmental Informatics Letters* 1(1) 8-19 (2019).

3. *Kouidri Sofiane, Megnounif Abdesselam, Ghenim Abderrahmane Nekkache*. Long-term seasonal characterization and evolution of extreme drought and flooding variability in northwest Algeria//*Meteorology, Hydrology and Water Management*, 2019. Vol.7.Issue 2.- P.63-71.

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

5. *Loboda, N.S., & Kozlov, M.O.* (2020). Assessment of water resources of the Ukrainian rivers according to the average statistical models of climate change trajectories RCP4.5 and RCP8.5 over the period of 2021 to 2050. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, (25), 93-104. URL: <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.09>

6. *Горбачова Л.О.* Гідролого-генетичний аналіз просторово-часових закономірностей водного стоку річок України: методологія, тенденції, прогноз: автореф. дис ... докт. геогр. наук: 11.00.07 /Людмила Олександрівна Горбачова. Київ, 2017. 40 с.

7. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / За ред. *В.К. Хільчевського*. К.: Ніка-Центр, 2007. 184 с.

8. *Гребінь В.В., Мокін В.Б., Стащук В.А., Хільчевський В.К., Яцюк М.В., Чунарьов О.В., Крижановський Є.М., Бабчук В.С., Ярошевич О.Є.* Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу . Київ: Інтерпрес ЛТД, 2013. 55 с.

9. *Писаренко Л.А., Краковська С.В.* Основні напрямки сучасних досліджень взаємодії клімату і підстильної поверхні// *Ukrainian hydrometeorological journal*, 2020. 25. 38-52. doi: 10.31481/uhmj.25.2020.04.

10. *Semenova I and Slizhe M* (2020) Synoptic Conditions of Droughts and Dry Winds in the Black Sea Steppe Province Under Recent Decades. *Front. Earth Sci.* 8:69. doi: 10.3389/feart.2020.00069

11. Ресурси поверхностних вод СССР. Т.6. Україна и Молдавия. Вып.3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья. Ленинград : Гидрометеиздат, 1967. 492 с.

12. Офіційний сайт Харківського регіонального центру з гідрометеорології. URL: <http://kharkiv.meteo.gov.ua/>

13. Офіційний сайт Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів. URL: <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua/>

14. *Жовнір В.В., Гребінь В.В.* Аналітичний огляд досліджень мінімального стоку води. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 1 (48) 16-24.

15. *Голченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А.* Гідрологічні розрахунки : підруч. для студ. ВНЗ / Одес. гідрометеорол. ін-т. Одеса : ТЕС, 2014. 484 с.

16. *Гребінь В.В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр, 2010. 316 с.

17. *Гоян Ю.О., Голцій М.В., Кущенко Л.В.* Особливості циклічності у коливаннях мінімального стоку у період межени на території Приазов'я за сучасних кліматичних умов // Матеріали VIII Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». м. Харків, 2020. С. 52-54.

18. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик (СНП 2.01.14-83). Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. 447 с.

#### References

1. *Camilloni, I., V. Barros, S. Moreiras, G. Poveda, and J. Tomasella*, 2020: Floods and Droughts. In: *Adaptation to Climate Change Risks in Ibero-American Countries — RIOCCADAPT Report* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo, and U. Oswald Spring (eds.)], McGraw Hill, Madrid, Spain (pp. 371-396, ISBN: 9788448621667).

2. *A. Akhter and S. Azam*. Flood-Drought Hazard Assessment for a Flat Clayey Deposit in the ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 2 (60)**

Canadian Prairies.//Journal of Environmental Informatics Letters 1(1) 8-19 (2019).

3. *Kouidri Sofiane, Megnounif Abdesselam, Ghenim Abderrahmane Nekkache*. Long-term seasonal characterization and evolution of extreme drought and flooding variability in northwest Algeria//Meteorology, Hydrology and Water Management, 2019. Vol.7. Issue 2. P.63-71.

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

5. *Loboda, N. S., & Kozlov, M. O.* (2020). Assessment of water resources of the Ukrainian rivers according to the average statistical models of climate change trajectories RCP4.5 and RCP8.5 over the period of 2021 to 2050. Ukrainian Hydrometeorological Journal, (25), 93-104. URL: <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.09>

6. *Horbachova L.O.* Hidroloho-henetychnyi analiz prostorovo-chasovykh zakonmironosti vodnoho stoku richok Ukrainy [Hydrological and genetic analysis of spatio-temporal patterns of water runoff of rivers of Ukraine: methodology, trends, forecast] : metodolohiia, tendentsii, prohnoz: avtoref. dys ... dokt. heohr. nauk: 11.00.07 /Liudmyla Oleksandrivna Horbachova. Kyiv, 2017. 40 s.

7. Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka minimalnogo stoku richok baseinu Dnipro [Hydrological and hydrochemical characteristics of the minimum river runoff of the Dnieper basin] / Za red. V.K. *Khilchevskoho*. K.: Nika-Tsentr, 2007. 184 s.

8. *Hrebin V.V, Mokin V.B., Stashchuk V.A., Khilchevskiy V.K., Yatsiuk M.V., Chunarov O.V., Kryzhanovskiy Ye.M., Babchuk V.S., Yaroshevych O.Ie.* Metodyky hidrografichnogo ta vodohospodarskoho raionuvannia terytorii Ukrainy vidpovidno do vymoh Vodnoi ramkovoї dyrektyvy Yevropeiskoho Soiuзу [Methods of hydrographic and water management zoning of the territory of Ukraine in accordance with the requirements of the Water Framework Directive of the European Union]. Kyiv: Interpres LTD, 2013. 55 s.

9. *Pysarenko L.A., Krakovska S.V.* Osnovni napriamky suchasnykh doslidzhen vzaiemodii klimatu i pidstylnoi poverkhni [Main directions of modern research on the interaction of climate and the underlying surface] // Ukrainian hydrometeorological journal, 2020, 25, S. 38-52 doi: 10.31481/uhmj.25.2020.04.

10. *Semenova I and Slizhe M* (2020) Synoptic Conditions of Droughts and Dry Winds in the Black Sea Steppe Province Under Recent Decades. Front. Earth Sci. 8:69. doi: 10.3389/feart.2020.00069

11. Resursy poverhnostnykh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]. T.6. Ukraina i Moldavija. Vyp.3. Bassejn Severskogo Donca i reki Priazov'ja. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1967. 492 s.

12. Ofitsiyni sait Kharkivskoho rehionalnogo tsentru z hidrometeorolohii [Official site of the Kharkiv Regional Center for Hydrometeorology]. URL: <http://kharkiv.meteo.gov.ua/>

13. Ofitsiyni sait Siversko-Donetskoho baseinovoho upravlinnia vodnykh resursiv. URL: <http://www.sdbuvr.slav.dn.ua/>

14. *Zhovnir V.V., Hrebin V.V.* Analitichnyi ohliad doslidzhen minimalnogo stoku vody [Analytical review of studies of minimum water runoff]. Hidrolohiia, hidrokhimii i hidroekolohiia. 2018. № 1 (48) S. 16- 24.

15. *Hopchenko Ye.D., Loboda N.S., Ovcharuk V.A.* Hidrolohichni rozrakhunky [Hydrological calculations] : pidruch. dlia stud. VNZ / Odes. hidrometeorol. in-t. Odesa : TES, 2014. 484 s.

16. *Hrebin V.V.* Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohichni analiz) [Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape-hydrological analysis)]. K.: Nika-Tsentr, 2010. 316 s.

17. *Hoian Yu.O., Hoptsii M.V., Kushchenko L.V.* Osoblyvosti tsyklichnosti u kolyvanniakh minimalnogo stoku u period mezheni na terytorii Pryazovia za suchasnykh klimatychnykh umov [Peculiarities of cyclicity in the fluctuations of the minimum runoff in the period limited in the territory of the Azov Sea under modern climatic conditions] // Materialy VIII Mizhnarodna naukova konferentsiia molodykh vchenykh «Ekolohiia, neoekolohiia, okhorona navkolyshnogo seredovyscha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia». m. Kharkiv, 2020. S. 52-54.

18. Posobie po opredeleniju raschetnykh gidrologicheskikh harakteristik [A guide to determine the calculated hydrological characteristics] (SNIIP 2.01.14-83). Leningrad : Gidrometeoizdat, 1984. 447 s.

#### **Минимальный водный сток района бассейна рек Приазовья в периоды летне-осенней и зимней межени**

**Гопций М.В., Овчарук В.А., Куценко Л.В., Прокофьев А.Н., Гоян Ю.А.**

В статье проанализированы современные условия формирования меженного стока рек района бассейна Приазовья. С помощью метода разностных интегральных кривых исследована цикличность в хронологических рядах минимального стока, однородность исходной информации оценена с использованием параметрических и непараметрических критериев. Представлены обобщения характеристик меженного стока и предложена методика определения минимального стока за летне-осенний и зимний периоды на реках Приазовья, которая обоснована на современных данных с учетом особенностей региона.

**Ключевые слова:** минимальный сток рек; межень за зимний и летне-осенний периоды; статистический анализ; норма минимального стока; цикличность; обобщения.



**Minimal water runoff of the Azov river basin area during summer-autumn and winter low-water periods  
Goptsy M.V., Ovcharuk V.A., Kushchenko L.V., Prokofiev A.N., Hoyan Yu.A.**

*For the purpose of value and analysis of the statistical characteristics of low-water runoff during summer-autumn and winter low flow periods on the rivers of the Priazov's, used the time series of the minimum runoff of the rivers by 16 WGS during the period of from beginning observation till 2015 inclusive.*

*In order to protect the water resources in the region, it is necessary to use its rationale, especially during low water periods than are minimal water discharges. For these aims, It is necessary to estimate the values of the characteristics of the minimum runoff in the Priazov region on the modern initial data, which is relevant, both in scientific and practical terms.*

*Before generalizing the mean runoff modules in the summer-autumn and winter periods, the influence of local factors (latitudinal position, afforestation, and swampy watersheds) on their value was investigated. No significant influence of local factors was revealed, except for a good relationship with the latitude of the catchment centers.*

*To determine the minimum runoff in winter for unexplored rivers of the territory, a map of isolines of 30-day minimum runoff modules is proposed. The distribution over the territory  $\bar{q}_{\min 30}$  is uneven and varies from 0.30 l / (s • km<sup>2</sup>) in the southwestern part of the territory to 3.25 l / (s • km<sup>2</sup>) in the northeastern parts. The isolines are drawn with a step of 0.20 l / (s • km<sup>2</sup>). The map error is ± 4.3%, which corresponds to the accuracy of the initial information and the requirements of the current regulatory document SNiP 2.10.14-83.*

*In the summer-autumn period, the distribution over the territory of the average minimum runoff modules  $\bar{q}_{\min 30}$  is similar - in the south (in the Molochnaya river basin) low values are observed from 0.080 l / (s • km<sup>2</sup>), significantly increases in the northeast direction to 2.50 l / (s • km<sup>2</sup>) in the Kripen'ka river basin. Isolines are also drawn with a step of 0.20 l / (s • km<sup>2</sup>). The error in determining the minimum runoff in the summer-autumn period according to the proposed map is slightly higher and amounts to ± 7.7%, but it also meets the requirements for the accuracy of calculating the low-water runoff.*

*To determine the coefficients of variability of low-water runoff, the obtained regional calculation equations, the accuracy of the calculation for which is provided by significant correlation coefficients; the skewness coefficient is normalized in relation to the coefficient of variation at the 2.0 level.*

*The proposed regional method for determining the value of the minimum runoff for the summer-autumn and winter periods makes it possible to use it without modifications in order to reliably substantiate the runoff characteristics during the dry season on the Priazov rivers.*

**Key words:** *minimum river runoff; low flow winter and summer-autumn periods; statistical analysis; minimum runoff norm; cyclicity; generalization.*

**Надійшла до редколегії 01.04.2021**

**DOI:** <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.3>

УДК 556.53(477.52)

**Данильченко О.С., Корнус А.О., Корнус О.Г., Харченко Ю.В.**

*Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка*

**ДИНАМІКА МУТНОСТІ РІЧКОВОЇ ВОДИ ЛІВОБЕРЕЖНИХ ПРИТОК ДНІПРА  
(НА ПРИКЛАДІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

*Стаття присвячена дослідженню стоку наносів, а саме одній із характеристик, що відображає ерозійні процеси на водозборі, мутності води на прикладі річок Сумської області. Головна мета статті полягає в просторо-часовому аналізі показників мутності річок Сумської області (лівобережних приток Дніпра). У статті висвітлена інформація про стік наносів річок за весь час спостережень, описані сучасні власні дослідження мутності річкової води та встановлені особливості формування стоку наносів річок області. Встановлено, що показники мутності річкової води зростають у напрямку з півночі на південь досліджуваної території, у мішанолісовій зоні вони мінімальні, а у лісостеповій – максимальні; більші значення показника середньої мутності характерні для малих річок ніж для середніх; під час водопілля показники мутності максимальні, а під час межени – мінімальні; прослідковується тенденція до збільшення показників максимальної та середньої мутності річкової води; зарегульованість річок активно впливає на показники мутності: уповільнення водообміну сприяє акумуляція наносів у руслі вище греблі (високі показники потужності шару мулу), а також нижче греблі (створення руслового острова); стік наносів формується переважно за рахунок змиву з поверхні водозбору, більші показники мутності у річок чий басейн більш еродований, де показники розораності максимальні, знищені водоохоронні зони та прибережні захисні смуги.*

**Ключові слова:** *стік наносів; мутність води; лівобережні притоки Дніпра; Сумська область.*

**Вступ.** *Всі процеси, що відбуваються на водозборі, особливо негативні, відображаються на стані річки. Сучасний стан річок, їх забруднення, замулення, заростання, перетворення на слабо проточні водойми є індикатором цих процесів і все більше викликає занепокоєння. Вирубка лісів, надмірне розорювання басейну річки, а*

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2021. № 2 (60)**