УДК 556.16
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.5

МІНІМАЛЬНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТІК РІЧОК У ЗОНІ НЕДОСТАТНЬОЇ ВОДНОСТІ УКРАЇНИ

Кущенко Л.В.[1], Овчарук В.А[1], Прокоф'єв О.М.[1], Гопцій М.В[1], Андреєвська Г.М.[2]
[1]Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса
[2]Одеський національний морський університет
вул. Мечникова, 34, 65029, м. Одеса
valeriya.ovcharuk@gmail.com

У статті розглянуто питання визначення екологічного стоку річок на базі інформації про їх мінімальний стік у період відкритого русла. Територія дослідження обмежена зоною недостатньої водності України, яка здебільшого відповідає степовій фізико-географічній зоні. У період сучасних кліматичних змін саме ця частина України перебуває в зоні суттєвого ризику внаслідок дефіциту водних ресурсів, який за прогнозними кліматичними тенденціями буде посилюватись у найближчі 30–50 років. За таких умов набуває все більшої актуальності раціональне використання водних ресурсів, зокрема, визначення екологічного стоку, який визначає характеристики річкового стоку, необхідні для підтримки функціонування прісноводних екосистем та забезпечення умов для благополучного проживання населення. Авторами дослідження проаналізовано сучасні підходи щодо кількісного визначення розрахункових екологічних витрат. Показано, що різними авторами (як в Україні, так і за її межами) запропоновані різні методики, частина з яких визначає екологічно припустиму остаточну витрату як деяку частку річкового стоку (річного, мінімального), яка залишається у річці після вилучення стоку. З іншого боку, ця характеристика може визначатися як залишкова витрата води, за якої іхтіофауна не відчуває пригнічення. У цьому дослідженні пропонується вдосконалений варіант розрахунку екологічних витрат із використанням даних про меженний стік заданої забезпеченості перевищення. Як вихідна інформація використано дані стаціонарних спостережень за 69 гідрологічними постами за період від початку спостережень до 2015 р. включно. Для визначення статистичних параметрів використано метод моментів та найбільшої правдоподібності, величини розрахункової забезпеченості визначені за методикою СНіП 2.01.14-83, а також за теоретичними розподілами С.М. Крицького, М.Ф. Менкеля та Гумбеля. Задля порівняння розрахунок виконано за методикою, рекомендованою УкрГМЦ, та на базі мінімальних витрат води заданої ймовірності перевищення. Показано, що використання даних за мінімальним стоком дає значну збіжність із величинами, отриманими на даних про річний стік, та є перспективним.
Ключові слова: екологічний стік, літньо-осіння межень, зимова межінь.

Minimal and environmental runoff of rivers in the zone of the insufficient water content of Ukraine. Kushchenko L., Ovcharuk V., Prokofiev O., Goptsiy M., Andreevskaya G.

The article considers the issue of determining the environmental runoff of rivers on the basis of information about their minimal runoff during the open channel. The study area is limited by the zone of the insufficient water content of Ukraine, which mainly corresponds to the steppe physical and geographical zone. In the period of modern climate change, this part of Ukraine is in a zone of significant risk due to the shortage of water resources, which according to the forecast climate trends will increase in the next 30–50 years. Under such conditions, the rational use of water resources is becoming increasingly important, in particular, the definition of environmental runoff, which determines the characteristics of river runoff needed to support the functioning of freshwater ecosystems and provide conditions for prosperous living. The authors of the study analyzed modern approaches to quantifying the ecological runoff. It is shown that different authors, both in Ukraine and abroad, have proposed different methods, some of which determine the environmentally acceptable final flow, as some share of river runoff (annual, minimal) that remains in the river after intake. On the other hand, this characteristic can be defined as the residual water consumption at which the ichthyofauna does not feel oppressed. This study proposes an improved version of the calculation of environmental runoff using data on the low flow of a given probability excess. As initial information, the data of stationary observations for 69 hydrological posts for the period from the beginning of observations to 2015 were used. To determine the statistical parameters, the method of moments and the highest likelihood was used; the values of the calculated probability of excess were determined by the method of SNiP 2.01.14-83, as well as by the theoretical distributions of Kritsky- Menkel and Gumbel. For comparison, the calculation was performed according to the method recommended by UkrHMC, and on the basis of the minimum water discharges of a given probability of exceeding. It is shown that the use of data on the minimum runoff gives a good agreement with the values obtained on the data on the annual runoff, and is promising. *Key words:* environmental runoff, summer-autumn low flow, winter low flow.

Постановка проблеми. Забезпеченість водними ресурсами населення та різних галузей економік є одним із найважливіших та стратегічних завдань кожної країни. Незважаючи на те, що на території України протікає значна кількість річок та розташовані гирла багатьох великих річок, наприклад Дунаю, забезпеченість водними ресурсами населення є одним із найменших у Європі. За даними [1], ресурси річкового стоку України становлять у середньому 87 млрд м^3 на рік (у маловодний рік цей показник зменшується до 56 млрд м^3). Питома забезпеченість річковим стоком в Україні – близько 1 тис. м^3 на особу в рік, що нижче в 2,5 раза, ніж у Німеччині та Швеції, у 3,5 раза, ніж у Франції та у 5 разів, ніж в Англії. У зв'язку з вичерпанням водних ресурсів у багатьох річках, як-от у басейні

Південного Бугу, Сіверського Дінця, річок Приазов'я та Криму, склалася надзвичайно напружена ситуація щодо забезпеченості водними ресурсами. В останні роки ця ситуація ускладнюється, зважаючи на різні вияви змін клімату, зокрема підвищення середньорічної температури повітря та збільшенням ймовірності настання екстремальних гідрологічних явищ – маловоддя та посух. За даними, наведеними в роботі [2], найбільш загрозлива ситуація з формування дефіциту водних ресурсів наразі спостерігається для Херсонської, Одеської, Миколаївської, Кіровоградської областей. Отже, особливо гостро ці проблеми відчуваються зоні недостатньої водності України, мінімальний та екологічний стік якої є предметом цього дослідження.

Актуальність дослідження. Міжнародне поняття екологічного стоку (environmental flow), яке широко застосовується, приведено в Брісбенській декларації[1]: *екологічний стік* визначає кількісні, якісні і часові характеристики річкового стоку, необхідні для підтримки функціонування прісноводних екосистем, забезпечення умов для благополучного проживання населення, яке залежить від стану цих екосистем.

Із початку 80-х років минулого століття дослідження екологічного стоку відіграють важливу роль в управлінні річковими ресурсами. Особливої актуальності визначення екологічного стоку набуває в регіонах світу з вираженим дефіцитом прісної води. Водні законодавства Австралії, США, ПАР, Кенії вказують на важливість екологічного стоку. У Китаї, Індії, Мексиці, Бразилії, Туреччини та низці інших країн реалізуються проекти з метою визначенням його параметрів для основних річок. Країни-члени Європейського Союзу зобов'язані дотримуватися Водної рамкової директиви [3], яка вимагає забезпечення необхідної величини стоку для підтримки доброго стану річок. Екологічний стік також є мірою кліматичної адаптації до таких явищ, як річкові повені і посухи. Отже, екологічний стік – це частина природного стоку, яка повинна залишатися в річці в результаті безповоротного вилучення водних ресурсів або регулювання водного режиму нижче за течією від місця впливу на річку для забезпечення стійких умов розвитку і функціонування прісноводної екосистеми [4]. Якщо зміни гідрологічного режиму перевищують гранично допустимі величини, то можуть статися безповоротні процеси в екологічних системах та їх перехід в інший стан. Визначення цих меж (у частині водного режиму) лежить в основі встановлення параметрів допустимого антропогенного зниження природного стоку, критичних для відтворення організмів і функціонування екосистеми [5]. Для того, щоб досягти «доброго стану води» у всіх річках Європейського Союзу, Водна рамкова директива ЄС (далі – ВРД) включає докладні інструкції щодо проведення характеристики річкових басейнів. Незважаючи на те, що ВРД не містить безпосереднього поняття «екологічний стік», очевидно, що екологічні режими важливі для досягнення такого статусу.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Це дослідження виконане в межах науково-дослідної тематики Одеського державного екологічного університету «Комплексний метод ймовірнісно-прогностичного моделювання екстремальних гідрологічних явищ на річках Півдня України для забезпечення сталого водокористування в умовах кліматичних змін» за підтримки МОН та відповідає пріоритетному напряму наукових досліджень «Раціональне природокористування».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні для визначення екологічних витрат використовується Положення про порядок оцінки та інформування про маловоддя (гідрологічну посуху) на водних об'єктах суші України, яке затверджене для використання у 2020 році [6]. Відповідно до цього Положення значення екологічних витрат води обчислюються як 75% середньої витрати наймаловоднішого місяця меженного періоду року 95% забезпеченості (за об'ємом річного стоку). Б.В. Фащевський визначає екологічний стік як частину природного стоку, що залишається нижче створів регулювання і вилучення вод за умовами охорони річкових екосистем щоб уникнути змін водних ресурсів та самих руслових утворень за безповоротного вилучення і регулювання [4]. І.Б. Коренєва і А.В. Христофоров визначають екологічний стік як мінімальну кількість води, що протікає в заданому річковому створі та забезпечує абіотичні і біотичні умови існування гідробіонтів і збереження характерного видового складу іхтіофауни [7]. З іншого боку, З.К. Іофін у своїх роботах [8; 9] зазначає, що всі публікації стосовно визначення екологічних витрат можна поділити на два основних напрями. У першому разі екологічно припустима остаточна витрата визначається як деяка частка річкового стоку (річного, мінімального) та мінлива витрата води, яка залишається у річці після вилучення стоку. Останній розраховується залежно від «урожайності» іхтіофауни як кінцевої трофічної ланки водних екосистем. При цьому автори використовують критерії, які застосовуються до різних точок відліку: від залишкової в річці мінімальної середньомісячної витрати води до 15–20% річного стоку [5]. Автори другого напряму не прив'язуються до конкретної точки гідрографу і визначають залиш-

[1] Брісбенська декларація (Brisbane Declaration) прийнята за підсумками X Міжнародного річкового симпозіуму і Міжнародної конференції, присвяченій питанням екологічного стоку, які відбулися в м Брісбен, Австралія, 3-6 вересня 2007 р. конференції взяли участь понад 800 учасників, включаючи вчених, економістів, інженерів, фахівців з управління природними ресурсами, представників політичних рухів із 57 країн. У декларації наведено основні висновки засідання і поняття екологічного стоку, а також запропоновані подальші можливі дії з охорони річкових екосистем.

Рис. 1. Карта-схема гідрологічного районування України [12]

кову витрата води як деяку екологічну величину, за якої іхтіофауна не відчуває гноблення. Сам З.К. Іофін [9] пропонує визначати базисний екологічний стік, використовуючи коефіцієнт природної зарегульованості [10]. В Україні питанням визначення екологічно допустимих заборів води займалась група авторів під керівництвом А.В. Яцика [11] на прикладі малих річок Прип'ятського Полісся. Авторами цього дослідження встановлені екологічно допустимі об'єми відбору води з річок за багаторічний період у роки різної водної забезпеченості (50, 75, 95%) та виконано оцінку екологічно допустимого об'єму відбору стоку за умови збереження річкових екосистем. Розрахунки свідчать, що в дуже маловодний рік (Р=95%) водні ресурси не забезпечують об'єми екологічного стоку, а в маловодний рік (Р=75%) його водні ресурси незначно перебільшують екологічний стік.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Як показує короткий аналіз публікацій щодо визначення екологічного стоку річок, представлений вище, з цього питання існує декілька підходів та певна частка невизначеності. Автори цієї статті пропонують комбінований підхід, який оснований на визначенні екологічного стоку на основі розрахункових мінімальних витрат води заданої забезпеченості.

Новизна представленого дослідження полягає у тому, що вперше для зони недостатньої водності України визначені розрахункові значення мінімального та екологічного стоку річок на сучасних вихідних даних із періодом спостережень від їх початку до 2015 року включно.

Методологічне значення пропонованої роботи полягає в удосконаленні методики визначення екологічних витрат порівняно з прийнятим Положенням щодо його визначення [6]. Пропоновані методичні підходи набувають особливого значення саме в зоні недостатньої водності України, де малі, а часто й середні річки пересихають.

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

Відповідно до схеми гідрологічного районування території України [12] зона недостатньої водності відповідає степовій зоні, яка займає найбільшу площу. У межах цієї зони виокремлюють 5 областей, але в даній роботі Кримська рівнинна область дуже низької водності (рис. 1, IIIд) не розглядається через відсутність даних про стік водотоків на цій території. У межах решти чотирьох областей протікають річки, що (згідно із сучасним гідрографічним районуванням) належать до районів басейну Дунаю, річок Причорномор'я, басейну Південного Бугу, річок Приазов'я, басейну Дніпра та басейну Дону [13].

Мінімальний стік річок у зоні недостатньої водності формується за рахунок підземного живлення, яке визначається місцевими гідрогеологічними і кліматичними умовами, характером підстильної поверхні (рельєф, ґрунти, рослинність, заболоченість, озерність, залісеність) та господарською діяльністю. Загалом, на території України у водному режимі річок виокремлюють літньо-осінню та зимову межень. Літньо-осіння межень спостерігається від кінця повені до початку осінніх паводків (червень-листопад) або до льодових явищ. Літньо-осіння межень пов'язана з малою кількістю опадів і значними витратами води на випаровування. У цей період річки живляться здебільшого ґрунтовими водами, інколи літня межень може перериватися короткочасними паводками. Зимова межень спостерігається від

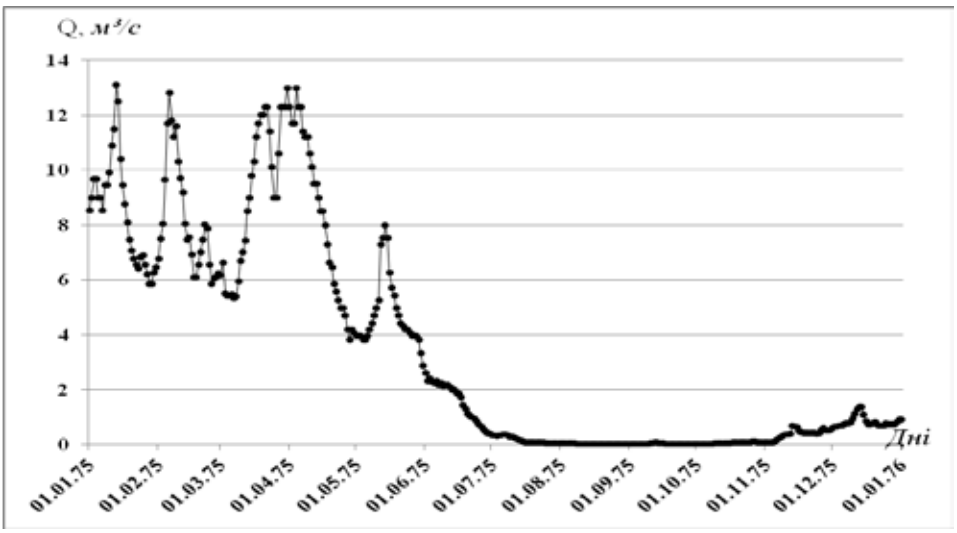

Рис. 2. Гідрограф р. Самара – с. Кочережки (1975 р.)

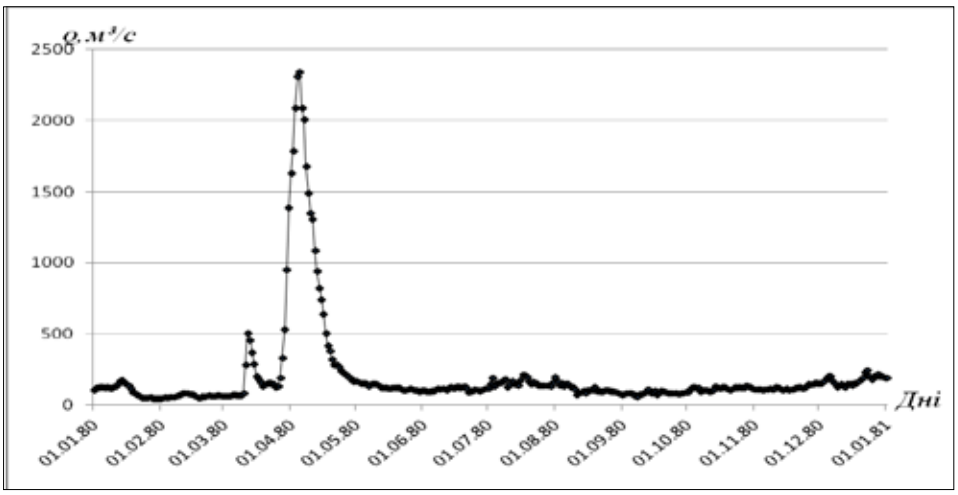

Рис. 3. Гідрограф стоку р. Південний Буг – смт. Олександрівка (1980 р.)

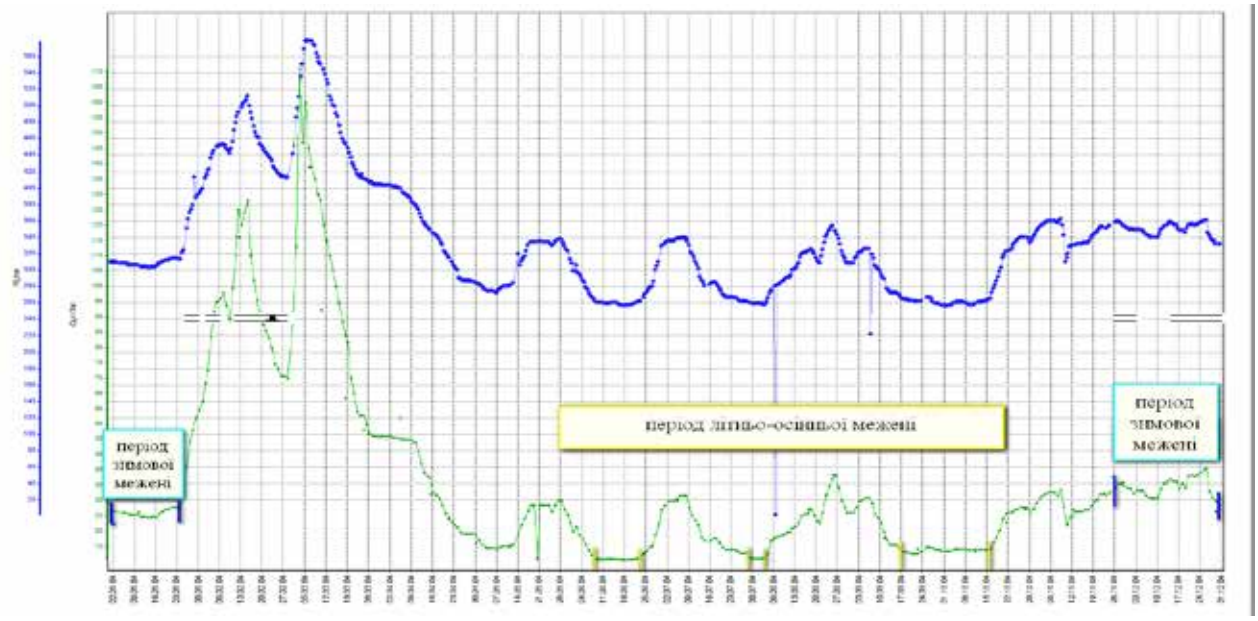

Рис. 4. Гідрограф стоку р. Самара – с. Кочережки, 2004 р.

початку льодових явищ до початку повені. Цей період зазвичай збігається з періодом льодоставу [10].

Умови формування мінімального стоку розглядаються окремо для річок зі стійким і нестійким льодоставом. Для розглядуваної території більш низька межінь характерна для літньо-осіннього періоду, коли відбувається виснаження підземних вод, що формують стік (рис. 2–3). Але в окремі роки межінь може бути не вираженою і перериватися дощовими паводками (рис. 4).

Основними розрахунковими характеристиками мінімального стоку, які використовуються на практиці, є середні місячні, або 30-добові, і середньодобові витрати води зимової й літньої межені.

Для статистичної обробки характеристик часових рядів мінімальних 30-добових витрат використані багаторічні дані за 69 гідрологічними постами за зимовий та літньо-осінній період у зоні недостатньої водності України. За розрахунковий взято період із початку спостережень до 2015 р. включно. Для визначення статистичних параметрів використано метод моментів та найбільшої правдоподібності.

Норма мінімального 30-добового стоку (зимового або літнього) $\overline{Q}_{30}$ визначається як середньобагаторічне значення із середньомісячних величин мінімального стоку

$$\overline{Q}_{30} = \frac{\sum_{i=1}^{N} Q_{30i}}{N}, \quad (1)$$

де Q_{30_i} – середньомісячні (30-добові) величини мінімального стоку в *i*-му році; N – кількість років спостережень.

Розрахункова щорічна ймовірність перевищення мінімальної 30-добової (або середньомісячної) витрати води приймається під час проектування: зрошування – 85%, гідроелектростанцій – 90%, для господарсько-питних потреб у зоні надмірного зволоження – 95%, а в зоні недостатнього зволоження – 97%. Опорною (відповідно до нормативних документів [14]) прийнята забезпеченість P = 80%. Щодо інших забезпеченостей, то

$$Q_{30_p} = \lambda_p Q_{30_{80\%}}, \quad (2)$$

де λ_p – перехідний коефіцієнт від опорної P=80% до інших ймовірностей перевищення. Значення коефіцієнтів для окремих районів наведені у [14].

У коротких рядах спостережень за стоком або за їх відсутності витрати води $Q_{30_{80\%}}$ для великих і середніх річок рекомендується визначати за річками-аналогами або інтерполяцією їх модулів у річках району, які, наприклад, наведені у СНіП 2.01.14-83 (окремо за літньо-осінній і зимовий періоди) [14].

Для малих річок із площею водозборів менше за 2 000 км^2 нормативним документом рекомендується $Q_{80\%}$ визначати за формулою, запропонованою А.М. Владимировим [14; 15]:

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

де f – середня за районом площа з відсутністю стоку (-) або середня площа підземного басейну, який забезпечує додаткове живлення річок цього району (+) внаслідок карсту; α і n – параметри, які характеризують зволоженість цього району й інтенсивність зміни стоку зі зростанням площі водозборів. Їх значення наведені в таблицях СНіП [14], зокрема, на території України прпід часи розрахунків стоку зимової межені виокремлюється 22 таких райони, а літньо-осінньої – 19.

Для визначення екологічних витрат авторами пропонується рівняння виду:

$$Q_{ек} = Q_{30_{95\%л-0}} * 0{,}75, \quad (4)$$

де – мінімальна витрата води за період відкритого русла 95% ймовірності перевищення.

Для малих річок із площею водозборів менше за 2 000 км^2

$$Q_{ек} = Q_{30_{75\%л-0}} * 0{,}75, \quad (5)$$

де $Q_{30_{75\%л-0}}$ – мінімальна витрата води за період відкритого р усла 75% імовірності перевищення

Однак використання нормативного документа СНіП 2.01.14-83 наразі обмежується вихідними даними до 1976 року, які були використані для обґрунтування розрахункових рівнянь та побудови карт ізоліній і районів. Нині виникає необхідність у суттєвому уточнені розрахункових параметрів на сучасних вихідних даних, що й було зроблено в процесі представленого дослідження. Як теоретичний розподіл використано трипараметричний гамма-розподіл С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля та розподіл Гумбеля [16]. Аналіз отриманих величин показав, що обидва розподіли мають добру узгодженість із вихідними даними, але розподіл Гумбеля за розрахунків мінімальних витрат 95%-ї забезпеченості дає від'ємні значення, що не відповідає фізичній сутності гідрологічних рядів [17].

Таким чином, для визначення екологічних витрат були використані дані багаторічних спостережень за стоком річок досліджуваної території (методика УкрГМЦ), а також розрахункові мінімальні витрати води періоду відкритого русла 95%-ї та 75%-ї забезпеченості, визначені за методикою СНіП 2.01.14-83 та теоретичним розподілом С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля. Розрахунки виконані для всіх розглядуваних водозборів, а в табл. 1 представлені приклади за гідрографічними районами. Аналізуючи отримані результати, можна зазначити, що, по-перше, роки, в які спостерігались найменші витрати води, дуже різняться за територією та не мають вираженої закономірності, по-друге, малі та середні річки Причорномор'я та басейну Південного Бугу пересихають, тому (за методикою УкрГМЦ) екологічна витрата для них дорівнює нулю. З іншого боку, використовуючи мінімальні витрати 75%-ї забезпеченості, ми отримуємо величини, які відрізняються від 0, що, безумовно, є більш прийнят-

Таблиця 1

Визначення екологічних витрат води різними методами в зоні недостатньої водності України

№ з/п	Річка-пост	Період спостере-жень, *n* років	Площа водозбо-рів, *F*, км^2	Район річкового басейну	$Q_{95\%}$, м^3/с	Рік, близький до P=95%/$Q_{сер}$	Мінімальна середня місячна витрата води з червня по листопад	Екологічна витрата ($Qmin_{сер/місяць}$*0,75)	Екологічна витрата Qmin95%*0,75 СНіП 2.01.14-83	Екологічна витрата Qmin95%*0,75 розподіл Крицького-Менкеля
1	Тилігул – м. Березівка	47	3170	Річки Причорномор'я	0	1972;1977/0; 1990/0 1995/0;	0	**0**	**0**	**0**
2	Кодима – с. Катеринка	80	2390	Південний Буг	0,45	1959/0,43	0	**0**	**0,01**	**0,07**
3	Інгул – с. Новогорожене	81	6670		1,73	1995/1,73	1,01	**0,76**	**0,12**	**0,40**
4	Південний Буг – смт Олександрівка	98	46200		42,5	1954/42,5	18,0	**13,50**	10,82	10,86
5	Кінська – м. Пологи	62	353	Басейн Дніпра	0,18	1995/0,19	0,032	**0,024**	**0,02**	**0,05**
6	Орчик – с. Чернещина	59	1310		0,66	1961/0,66	0,012	**0,009**	**0,13**	**0,03**
7	Самара – с. Кочеріжки	61	19800		3,17	1969/3,37	0,350	**0,260**	**0,37**	**0,26**
8	Казенний Торець – смт Райське	57	936	Басейн Дону	0,67	1962/0,66	0,020	**0,015**	**0,09**	**0,09**
9	Айдар – с. Новоселівка	66	6370		3,12	2015/3,12	1,11	**0,830**	**0,74**	**0,64**
10	Сіверський Донець – м. Ізюм	73	22600		21,4	1954/21,9	7,13	**5,35**	**5,03**	**8,27**
11	Кальчик – с. Кременівка	58	469	Річки Приазов'я	0,54	1986/0,54; 2013/0,54	0,17 0,067	**0,13 0,05**	**0,05**	**0,08**
12	Обитічна – м. Приморськ	69	1300		0,33	2015/0,33	0,056	**0,042**	**0,10**	0,04

ним результатом. Якщо аналізувати отримані величини екологічних витрат за різними методиками, то можна зазначити, що вони мають добру збіжність у більшості випадків (червоний колір) величини екологічних витрат, які розраховані через мінімальні витрати води заданої забезпеченості, перевищують ті, що отримані за методикою УкрГМЦ. Такі результати дозволяють рекомендувати такий варіант визначення екологічних витрат нарівні з методикою, яка рекомендована УкрГМЦ.

Головні висновки. Нестача та майбутній дефіцит водних ресурсів є нагальною проблемою Півдня України, яка стає все більш актуальною в умовах змін клімату. Екологічний стік є одним із важливих показників стану водних ресурсів, який широко використовується у світі та поки не набув широко застосування в Україні.

Визначення сучасних розрахункових характеристик мінімального стоку річок є підґрунтям для визначення екологічних витрат на річках досліджуваної території. Авторами виконаний порівняльний аналіз екологічних витрат, які визначені за різними методиками; показано, що використання даних за мінімальним стоком дає добру збіжність із величинами, отриманими на даних про річний стік, та є перспективним.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати будуть використані під час подальшого виконання науково-дослідної тематики кафедри гідрології суші ОДЕкУ, а також є складником дисертаційного дослідження Л.В. Кущенко на тему: «Мінімальний стік річок у зоні недостатньої водності України»; результати також планується передати для випробувального використання в ГМЦ ЧАМ.

Література

1. Водні ресурси. *Сталий розвиток для України*. URL: https://sd4ua.org/golovni-temi-stalogo-rozvitku/vodni-resursi (дата звернення: 28.02.2021).
2. Васютинська К.А., Барбашев С.В., Кімінчиджи М.І. Небезпека створення дефіциту водних ресурсів у регіонах України в умовах урбанізації. *Екологічні науки*. 2020. № 4 (31). С. 42–48.
3. DIRECTIVE 2003/35/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 May 2003. *Official Journal of the European Union*. 2003. P. 17–24. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF (Last accessed: 27.02.2021)
4. Дубинина В.Г. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). Москва : Экономика и информатика, 2001. 118 с.
5. Методические указания по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) / Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С. Москва: Федеральное государственное учреждение «Межведомственная ихтиологическая комиссия», 2009. 39 с.
6. Положення про порядок оцінки та інформування про маловоддя (гідрологічну посуху) на водних об'єктах суші України. Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2020. 13 с.
7. Коренева И.Б., Христофоров А.В. Об оценке минимального экологического стока воды в реках. *Вестник Московского университета. Серия географическая*. 1993. № 1. С. 77–83.
8. Иофин З.К. Экологическая обоснованность остаточного минимального расхода воды. *Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов*: материалы научной конференции. Иркутск, 2005. С. 80–83.
9. Иофин З.К. Экологически допустимые изъятия речного стока. *Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе*: труды международной научной конференции, 19–20 окт. 200 6г. Москва, 2006. С. 252–254.
10. Каганера М.С. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып.1. Западная Украина и Молдавия. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1969. 884 с.
11. Визначення екологічно допустимих об'ємів відбору води з малих річок / Яцик А.В. та ін. *Вісник аграрної науки.* 2019, № 3 (792). С. 57–62.
12. Руденко Л.Г., Чабанюк В.С., Бочковська А.І. Атлас України. Київ: Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», 1999–2000. UPL: http:www.isgeo.kiev.ua (дата звернення: 25.02.2021).
13. Кущенко Л.В., Овчарук В.А. Умови формування меженного стоку річок в зоні недостатньої водності України. Конференція молодих вчених ОДЕКУ 2018 рік. Одеса : ТЕС, 2018. С. 131–132.
14. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. 447 с.
15. Владимиров А.М. Минимальный сток рек СССР. Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1970. 212 с.
16. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации: учебник. Санкт-Петербург, 2007. 279 с.
17. Овчарук В.А., Кущенко Л.В. Порівняльний аналіз статистичних характеристик мінімального стоку річок в зоні недостатньої водності України. *XIX наукова конференція молодих вчених ОДЕКУ, 2020 рік.* Одеса : ОДЕКУ, 2020. С. 121–122.