

ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 556.165 (477)

DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01.006>

О. І. Лук'янець, О. Г. Ободовський, В.В. Гребінь, О.О. Почаєвець, В.О. Корнієнко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ПРОСТОРОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ СЕРЕДНЬОГО РІЧНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК УКРАЇНИ

Одним з найважливіших способів широкого територіального узагальнення гідрологічних характеристик є карти ізоліній, які застосовуються при розрахунках середнього річного, сезонного, максимального і мінімального стоку води, стоку наносів при оцінюванні водних ресурсів або водного балансу досліджуваних територій тощо. Мета цього дослідження – побудова за допомогою аналітичних функцій ГІС карти ізоліній середнього річного стоку води річок України та аналіз просторових закономірностей його змін. Для цього створено банк даних середніх річних витрат води від початку спостережень по 2015 р. включно з 389 гідрологічних постів, розташованих на території України та за її межами (Білорусь, Російська Федерація, Молдова, Словаччина, Угорщина, Румунія). Створена за сучасними даними карта має важливе практичне значення при різних видах водогосподарського проектування: розробленні стратегії раціонального використання й охорони водних ресурсів, плануванні та реалізації водогосподарських заходів водозабезпечення, оптимального регулювання річкового стоку, оцінюванні гідроенергетичного потенціалу річок тощо.

Ключові слова: річки України; середній річний стік води; територіальне просторове узагальнення; карта ізоліній; аналітичні функції ГІС.

O. I. Lukianets, O. G. Obodovskyi, V.V. Grebin, O. O. Pochaievets, V. O. Korniienko

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

SPATIAL REGULARITIES OF CHANGE IN AVERAGE ANNUAL WATER FLOW OF RIVERS OF UKRAINE

One of the most important ways of broad territorial generalization of hydrological characteristics is isoline maps, which are used in the calculation of average annual, seasonal, maximum and minimum water runoff, sediment runoff, in assessing water resources or water balance of the studied areas and so on. The purpose of this study is to construct with the help of GIS analytical functions a map of isolines of the average annual water runoff of rivers of Ukraine and analysis of spatial patterns of its changes. For this purpose, a bank of average annual water discharge was established from the beginning of observations up to and including 2015, from 389 hydrological posts located in Ukraine and abroad (Belarus, the Russian Federation, Moldova, Slovakia, Hungary, Romania). The map created according to modern data is of great practical importance for various types of water management design: development of a strategy for the rational use and protection of water resources, planning and implementation of water management measures, optimal regulation of river flow, assessment of hydropower potential of rivers and so on.

Keywords: rivers of Ukraine; average annual water runoff; territorial spatial generalization; map of isolines; analytical functions of GIS.

Актуальність теми дослідження

Загальна водоносність річок та потенційні водні ресурси певного басейну чи регіону характеризуються через величину середнього річного стоку води річок. Проте вона не є постійною у часі, а може помітно змінюватися не тільки впродовж окремих років, а й багаторічному розрізі. В гідрологічних розрахунках у таких випадках застосовують найстійкіший показник водності річок

– величину норми стоку (середнє значення за багаторічний період). Норма стоку є своєрідним «гідрологічним еталоном», відносно якого визначають статистичні параметри, аналітичні функції розподілу стокових характеристик різної ймовірності перевищення. Але розрахунок гідрологічних характеристик для певного гідрометричного пункту на річці, тобто за наявності даних спостережень над стоком води, є лише окремим ви-

падком гідрологічних розрахунків. На практиці найчастіше доводиться здійснювати гідрологічні розрахунки для річок, щодо яких недостатньо даних гідрометричних спостережень або вони зовсім відсутні. Для виконання таких завдань застосовують головним чином гідрологічні карти або рівняння (формули), графіки, таблиці, отримані на підставі узагальнень даних тривалих гідрометричних спостережень у конкретних пунктах (річкових створах). Тому створена за сучасними даними за допомогою аналітичних функцій ГІС карта ізоліній середнього річного стоку води річок України є актуальною та має важливе практичне значення.

Стан вивчення питання

Дослідженню просторових закономірностей однієї з основних характеристик річкового стоку – середнього річного стоку води річок, в гідрологічних розрахунках завжди приділялась увага, особливо в міру накопичення даних гідрометричних спостережень на річках. Збільшення тривалості рядів спостережень за стоком сприяло ретельнішим його дослідженням, обґрунтованим розрахункам та висновкам.

Якщо аналізувати історію просторового узагальнення середнього річного стоку води річок України, то перше таке дослідження виконано Д. І. Кочерінім у 1927 р. для Європейської частини СРСР [1]. З 30-х по 70-ті роки минулого століття багато наукових розробок в СРСР присвячено не тільки просторовим особливостям розподілу середнього річного водного стоку, а й таким важливим питанням гідрологічної науки, як класифікація річок, гідрологічне районування території, методи вивчення складових водного балансу [2-6]. Разом з тим, українські гідрологи виконували дослідження окремо й для території України – у 1962 р. за редакцією Г. І. Швеця вийшла книга «Гідрологічні розрахунки для річок України» [7]. Глава цієї книги «Розрахунок річного стоку і розподіл його в році» була підготовлена відомими українськими гідрологами А. Б. Крижанівською, Г. О. Чіппінг, Й. А. Железняком. Протягом 1966-1971 рр. відбулися важливі події у систематизації гідрологічної інформації – видано випуски «Ресурсів поверхневих вод СРСР», в яких наведено детальні характеристики середнього річного стоку річок України [8-12].

Із сучасних робіт щодо досліджень середнього річного стоку води річок України можна відмітити наукові праці В. І. Вишневецького, О. О. Косов-

ця [13, 14], монографію В. В. Гребеня [15]. На початку 2000-х років в роботах Є. Д. Гопченка, Н. С. Лободи проведено оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплогового балансу з побудовою карти норм шарів середнього річного стоку води (мм) [16]. Вченими-гідрологами Українського гідрометеорологічного інституту для Національного атласу України була підготовлена карта середнього багаторічного стоку води річок, розроблена за період спостереження з 1950 по 2000 рр. [17]. Остання візуалізація середнього річного стоку води річок України виконана Л. О. Горбачовою [18]. Проаналізовано стокові дані від початку спостережень до 2010 р. та побудована карта з використанням триангуляційного методу у ГІС MapInfo. Слід відзначити й низку публікацій останніх років, в яких розглянуто характеристики середнього річного стоку води або окремих річок, або певних територій чи річкових басейнів України [19-29], а також сучасні дослідження з цього питання науково-дослідного сектору гідроекології і гідрохімії географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, які відображено у звітах про НДР за період 2015-2019 рр. [26, 30, 31].

Мета дослідження – побудова сучасної карти ізоліній модулів середнього річного стоку води річок України за допомогою аналітичних функцій ГІС та аналіз просторових закономірностей його територіальних змін.

Способи узагальнення гідрологічних характеристик та методичні підходи до побудови карт стоку води

Отримати об'єктивне уявлення про просторовий розподіл водного стоку річок можна в два способи: 1) аналізуючи зміну витрат води ($m^3 \cdot c^{-1}$) чи об'ємів (m^3 , $км^3$) стоку води за довжиною річки; 2) розглядаючи розподіл по території характеристик стоку, що не залежать від площі басейнів річок і тому допускають їх картографування. До таких характеристик стоку води відносять шар (мм), модуль ($л \cdot c^{-1} \cdot км^2$) та коефіцієнт стоку (безрозмірна величина).

Нами обрано другий підхід – розподіл у вигляді карти середнього річного модуля стоку води по території України. Слід відзначити, що для гідрологічних карт важливе значення мають фізико-географічні основи їх побудови, що обумовлено уявленням про поля стоку та їх зв'язком із фізико-географічною зональністю природних

компонентів. Поле як фізичний об'єкт – це частина простору (або території), в якому розглядають певне фізичне явище. Зазвичай поле вважають безперервним утворенням, хоча це значною мірою залежить від масштабу або детальності досліджень. Характеристики поля можна описувати засобами математичного аналізу з використанням елементів теорії поля. Природно, що поняття про гідрологічне поле є дещо умовним, оскільки в ньому існують «розриви», наприклад, можуть бути перезволожені або безстічні ділянки, роль яких зростатиме з укрупненням масштабу досліджень. Отже, побудова карт ізоліній водного стоку базується на фізичних законах, теоретичною основою яких є положення про незмінність зволоженості території в межах певного історичного часу і зональність гідрологічного режиму водних об'єктів. Під зональністю розуміємо закономірні зміни режиму поверхневих і підземних вод, що відбуваються в окремих географічних (природних) зонах як наслідок загальної кліматичної зональності, оскільки річковий стік залежить насамперед від кліматичних факторів.

Кarti ізоліній стоку будують на основі даних про стік річок із зональним режимом, оскільки вони відображають зональні зміни даної характеристики, що відповідають змінам зональних фізико-географічних факторів у межах досліджуваної території. Річками із зональним режимом стоку називають річки, водний режим яких відображає найтипівіші риси, властиві цій географічній зоні (зазвичай це середні і частково малі річки). Є й такі річки, водний режим яких помітно відрізняється від зонального внаслідок впливу певних місцевих факторів або особливостей (значна кількість боліт, озер, карсту та ін.), і є нетиповим для річок цієї географічної зони. Вони називаються "річками з азональним режимом стоку" (властивий для малих річок, але може проявлятися і для частини середніх). Якщо водний режим формується під впливом особливостей двох і більше географічних зон та має складний характер, то такі річки називаються "річками з полізональним режимом стоку" (характерний для великих річок). Такий тип режиму може бути і на річках, що протікають в одній географічній зоні, але приймають притоки (ліві чи праві) з іншої зони. Це обумовлює різночасове надходження води в головне русло і, як наслідок, відмінності водного режиму від зонального. Прикладом є р. Прип'ять – ліві притоки живляться з зони мішаних лісів, а праві – з зон мішаних лісів, широколистяних лісів

та Лісостепу, тобто з різних зон зволоження. Аналогічна картина характерна для річок, що течуть уздовж гір, коли частина притоку води приходить з гір, а інші – з рівнини. Прикладом може слугувати р. Дністер у верхній частині.

Якщо карта стоку води за будь-який конкретний рік є реалізацією випадкового поля річкового водного стоку, то сукупність подібних карт, узагальнених за багаторічний період, характеризує в цілому випадкове поле, кожна точка якого є осередненою випадковою величиною. Картографування стокових характеристик базується на припущенні плавних змін їх по території. Оскільки річковий водний стік, як інтегральна характеристика цього процесу, відображає умови його формування з усього басейну, то особливістю його візуалізації є та обставина, що зображені на карті значення відносять не до точки вимірювання, як при картографуванні кліматичних характеристик, а до всього водозбору в цілому. Це обумовлено тим, що стік води, вимірюваний у створі гідрологічного поста, є осередненим стоком з усього річкового басейну. Тому величини стоку води в створі гідрологічного поста відносять до умовних точок – центрів тяжіння водозбору [13, 16, 31]. Після цього проводять інтерполяцію між цими значеннями. Слід зазначити, що у гірських районах інтерполяцію проводять з урахуванням рельєфу. Для цього будують залежності норм водного стоку річок від висоти їх водозборів. Можна при цьому враховувати й інші гідрографічні показники [6].

Для контролю надійності побудови карти середнього річного стоку води можуть слугувати карти кількості річних сум атмосферних опадів та сумарного випаровування для з'ясування просторового збереження водно-балансових співвідношень і точності визначення норм водного стоку.

Виклад основного матеріалу з обґрунтуванням отриманих результатів

Для дослідження просторових змін, розподілу та узагальнення середнього річного стоку води в межах України у вигляді карти використана інформація з 389 гідрологічних постів. З них 294 гідрологічні пости відносяться до мережі Державної гідрометеорологічної служби ДСНС України, решта розташовано за межами України, а саме: в Республіці Білорусь та Російській Федерації (басейни річок Прип'ять, Десна та Дніпро), у Республіці Молдова (басейн р. Дністер), у Словаччині, Угорщині та Румунії (басейн р. Дунай). В якості

основного стокового показника прийнята середня річна витрата води ($m^3 \cdot c^{-1}$) і створено базу даних від початку спостережень за стоком води на річках до 2015 р. включно.

Аналіз тривалості спостережень за стоком води продемонстрував, що 83% гідрометричних постів мають періоди ≥ 50 років, і лише 17% ≤ 50 років. Розгляд площ досліджуваних річкових басейнів України показав, що 32 пости мають площі водозбору $\geq 10000 \text{ км}^2$, що складає 10,8% від загальної їх кількості взятих до дослідження; 231 пост – 100-10000 км^2 (78,7%); 28 – 10-100 км^2 (9,5%) і 3 пости – $< 10 \text{ км}^2$ (1,0%) [26]. Гідрометричні пости, що мають малі площі водозборів, в основному, розташовані в межах територій водно-балансових станцій.

Для впевненості у репрезентативності рядів спостережень за середньорічним стоком води на річках України та достатній стійкості величин норм стоку для практичних розрахунків обчислено відносні значення середніх квадратичних похибок їх визначення, які в переважній більшості (93%) не перевищують припустимі межі 5-10%. Найбільша кількість постів, де відносні значення середніх квадратичних похибок істотно перевищують межі 10%, розташовано в басейні річок Криму і від їх загальної кількості $\approx 45\%$ можна вважати нерепрезентативними для визначення норми стоку води [26]. Перевірка рядів спостережень за середньорічним стоком води на річках України на однорідність проведена з використанням узагальнених параметричних критеріїв Фішера, Стюдента та непараметричного – Вілкоксона при 5 % рівні значимості. Доволі високі (за різними критеріями на 78-89% постів) показники однорідності рядів середніх річних витрат води свідчать про відсутність на теперішній час спрямованих змін річного стоку води річок на більшій частині території країни [32]. Деякі порушення однорідності властиві переважно південним та південно-західним регіонам України. Наприклад, для річок Криму та басейну Південного Бугу лише на 52-53% постів ряди середніх річних витрат води можна вважати однорідними. Надати однозначну відповідь щодо кліматичної обумовленості виникнення таких змін доволі складно, оскільки зазначені регіони відзначаються і найбільшими показниками зарегульованості стоку води річок, що, безперечно, призводить до його порушень [32].

Отже, вихідні дані у вигляді середніх витрат води у гідрометричних пунктах за весь період спостережень упорядковано та розраховано для кожного з них норми водного стоку \bar{Q}_n :

$$\bar{Q}_n = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} = n^{-1} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (1)$$

де $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$ – середні річні значення витрат води, $m^3 \cdot c^{-1}$; n – кількість років спостережень.

Отримані норми середніх річних витрат води \bar{Q}_n перераховано в модулі середнього річного стоку води \bar{M}_n , $л \cdot c^{-1} \cdot \text{км}^2$ (2), тобто у величини, що приведені до одиниці площі F (км^2):

$$\bar{M}_n = \bar{Q}_n \cdot 10^3 \cdot F^{-1}, \quad (2)$$

Основною умовою для побудови карти стоку води річок за допомогою аналітичних функцій ГІС є аналіз усієї існуючої гідрометричної та картографічної інформації, оскільки важливою передумовою для її створення є щільність і рівномірність розподілення точок інтерполяції та, відповідно, підготовка необхідних даних для створення основи електронної карти. Необхідність залучення ГІС пояснюється високою точністю та оперативністю отриманих результатів для вирішення гідрологічних завдань.

У роботі було використано програмне забезпечення з відкритим кодом QGIS та SAGA [33-35], що передбачає кілька етапів:

Базовий/підготовчий – оцінювання повноти гідрологічних даних, розрахунки середніх річних характеристик стоку води річок, створення необхідних підготовчих шейп-файлів, які б містили базову інформацію про гідрографію, рельєф, атмосферні опади досліджуваного басейну, а також про гідрологічні пости.

Моделювання річкових басейнів – виділення контурів водозборів річок та створення нових шейп-файлів: контури водозборів, центри водозборів, модулі стоку води річок у центрах їх водозборів.

Вибір методу інтерполяції та створення контурів ізоліній – оцінювання методів інтерполяції й обрання того, який максимально репрезентативно описує розподіл водного стоку по території, створення нового шейп-файлу – ізолінії річкового стоку.

Необхідною умовою для побудови карт стоку є визначення площ водозборів для кожного гідрологічного поста [33]. Визначення контурів водозборів здійснюється за допомогою алгоритму,

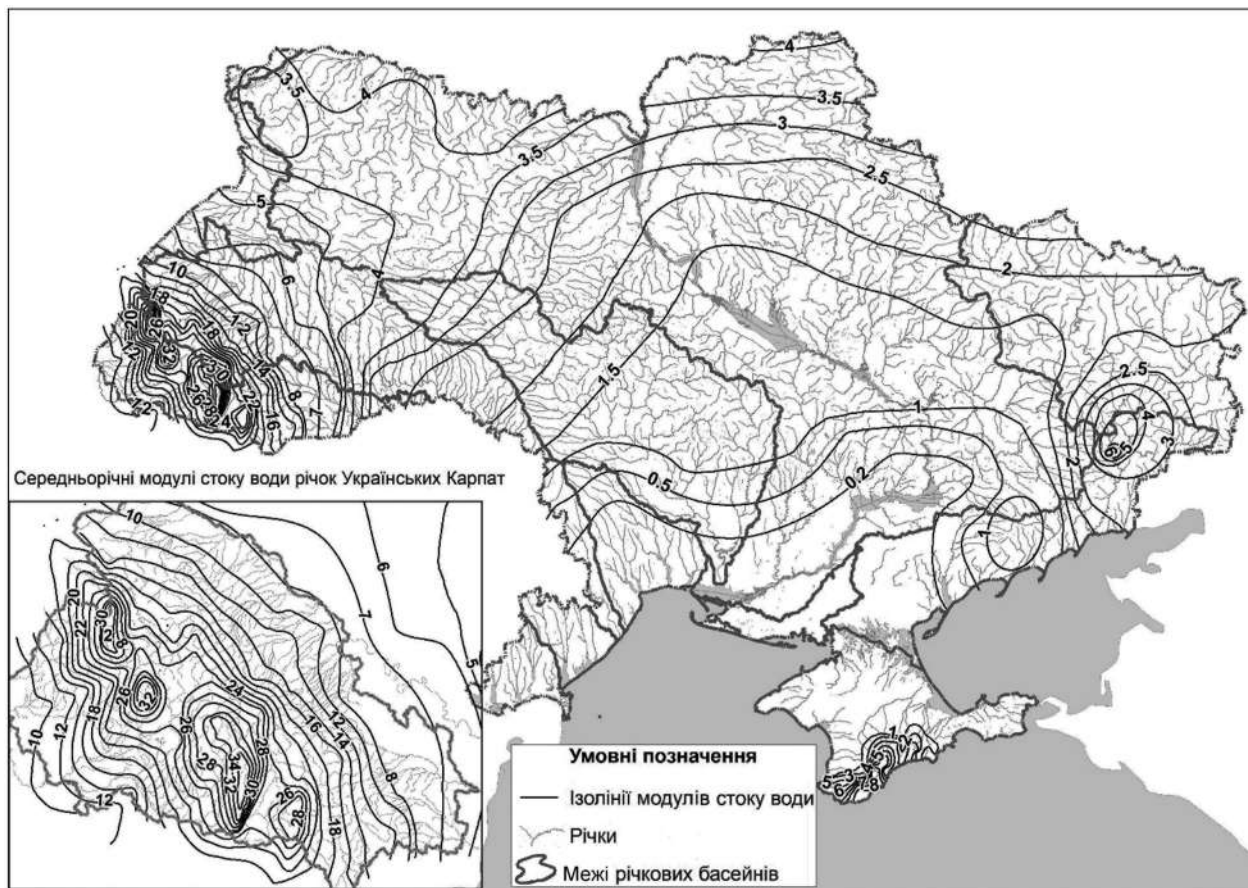


Рис. 1. Розподіл модулів середнього річного стоку води ($л \cdot с^{-1} \cdot км^{-2}$) в межах України

який передбачає обробку цифрової моделі висот функціями гідрологічного аналізу в QGIS та SAGA [35-38].

Для створення карти просторового розподілу модулів стоку води для річок України викорис-

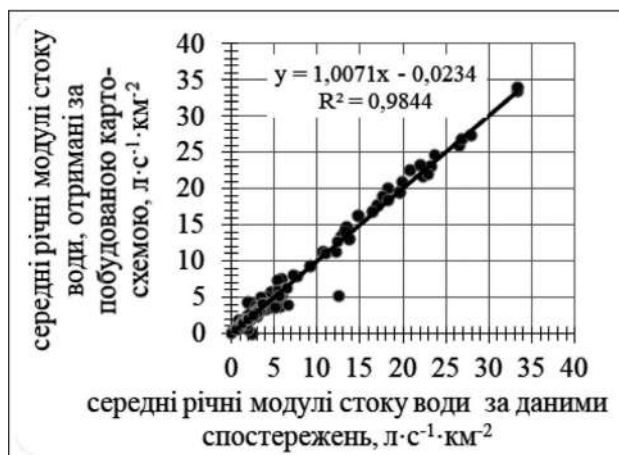


Рис. 2. Залежність між розрахованими та картографованими середньорічними модулями стоку води річок України

тано метод інтерполяції «Kriking» [36], що базується на зваженому осередненні значень. На основі цього методу інтерполяції отримано ізолінії модулів стоку води, за допомогою функції – «Contour line». Ця функція дає змогу створювати ізолінії для всього набору даних, а інтервал значень модулів стоку задає відстань між ізолініями. Для створення точнішої растрової поверхні використано інструмент «Contour lines to DEM». Вихідними даними були ізолінії (полілінії), зняті з першого растру інтерполяції. Таким чином, створена растрова поверхня дає можливість визначити значення модуля стоку води в будь-якій точці, приведений до центру водозбору [34,35,37]. На основі викладених вище підходів була побудована карта модулів середнього річного стоку для території України (рис. 1).

За результатами аналізу побудованої карти середньорічних модулів стоку води здійснено оцінювання її достовірності. Проведено порівняння розрахованих значень стоку води річок за багаторічний період спостережень в гідрометричних створах з відповідними їх величинами, знятими

з карти за залежністю, що подана на **рис. 2**. Отримано досить тісний зв'язок, коефіцієнт апроксимації склав $R^2 = 0,984$. Важливим моментом також є те, що лінія зв'язку збігається з лінією рівних значень. Майже у 90% випадків відхилення розрахованих і картографованих значень середньорічних модулів стоку води знаходяться в межах відносних похибок розрахунку норм стоку.

Аналіз карти середнього багаторічного стоку води в межах України дав можливість окреслити найхарактерніші особливості та закономірності його просторових змін та розподілу.

На рівнинній території добре виражена широтна зональність, що проявляється у закономірному зменшенні стоку води річок з півночі на південь. Як бачимо, у цьому напрямі існує порівняно повільне зменшення його значень від зони достатнього зволоження до посушливих регіонів. Не менш очевидна й тенденція зменшення стоку води з віддаленням від джерел надходження вологи (від Атлантичного океану), тобто в умовах нарощування континентальності клімату, що виражено, зокрема, в зменшенні стоку з заходу на схід. У межах рівнинної території середні річні модулі стоку води річок знаходяться переважно в діапазоні від $0,5$ до $3,5 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^2$ та змінюються від найбільших $10-12 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^2$ в річковому басейні Вісли до менших за $0,2 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^2$ у басейні річок Причорномор'я. На загальному фоні зміни водності на рівнинній території дещо виділяються річки, на формування стоку води яких помітний вплив у бік зростання надають: на півночі – Словечансько-Овруцький кряж, на сході та південному сході – Донецький кряж та Приазовська височина в межах річкових басейнів Дону та річок Приазов'я [22, 25, 26, 29, 31].

Найвищою водністю на території України відзначаються гірські річки Карпатського регіону – $32-34 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^2$ в межах басейнів річок Тиса, Прут і Сірет, правобережної частині річкового басейну Дністра та річки південного схилу Кримських гір – більше $8-10 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^2$ (**рис. 1**). Тут вплив рельєфу на стік води річок є складним та різноманітним. Він прослідковується у змінах основних стокоформуючих факторів відповідно до висотної зональності, сумарний вплив яких враховує середня висота водозбору [20, 21, 26, 29, 30]. При підвищенні поверхні водозборів закономірно зростає й модуль річного стоку, що чітко прослідковується за залежністю норм середніх річних модулів стоку води карпатських річок від середньої висоти їх водозборів [20,21,30] (**рис. 3**).

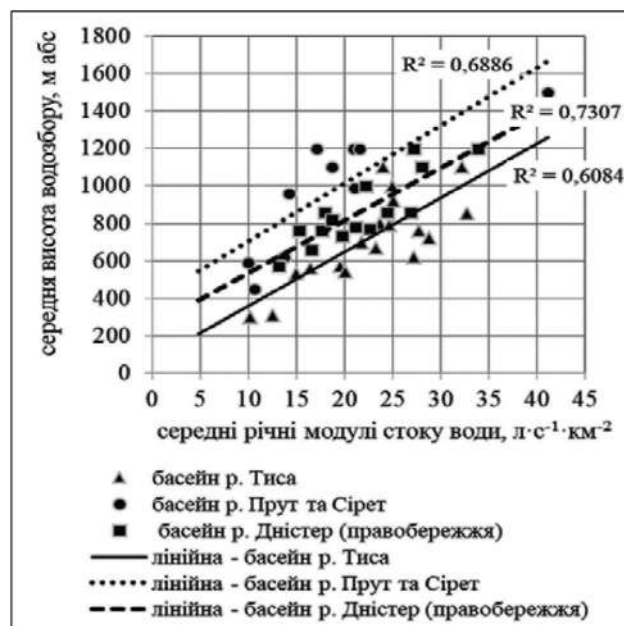


Рис. 3. Залежність середніх річних модулів стоку води карпатських річок (басейни річок Тиса, Прут і Сірет в межах України, правобережжя р.Дністер) від середньої висоти їх водозборів

Ступінь зволоження гірської території залежить від зміни активності атмосферних процесів під впливом не лише висоти місцевості, а й розчленованості рельєфу, експозиції схилів і дислокації гірських систем по відношенню до переважного напрямку повітряних потоків. Тому залежності середнього річного стоку води карпатських річок від середньої висоти їх водозборів мають регіональний характер. При одній і тій самій середній висоті водозборів у басейні Тиси найбільші модулі стоку води, а в басейні Пруту та Сірету – найменші. Водозбори річок правобережжя Дністра займають серединне положення між зазначеними басейнами (**рис. 3**). Різниці між модулями стоку води на певній висоті для річок басейнів Тиси, правобережжя Дністра, Пруту та Сірету становлять $5-7 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^2$ [29, 30].

Висновки

Створена за сучасними даними за допомогою аналітичних функцій ГІС карта ізоліній модулів середнього річного стоку води річок України є актуальною та має важливе практичне значення. Достовірність представленого просторового розподілу середнього стоку води підтверджена, по-перше, порівнянням між фактичними їх значеннями за багаторічний період в гідрометричних створах та знятими з карти (апроксимація в межах лінії рівних значень дуже висока), по-дру-

ге, аналізом відповідності просторового розподілу картографованих річних норм стоку води щодо збереження територіального розподілу водно-балансових співвідношень в межах окремих географічних (природних) зон та річкових басейнів.

Найхарактернішими особливостями розподілу середнього річного стоку води по території України є такі:

а) широтна зональність, що особливо добре виражена на рівнинній території і проявляється у закономірному зменшенні модуля середнього річного стоку з півночі на південь;

б) помітним є зменшення середнього річного стоку й з заходу на схід через віддалення від джерел вологи – Атлантичного океану;

в) також на рівнинних територіях виділяються осередки збільшення середнього річного стоку на закономірному тлі зміни водності в районах невеликих орографічних підвищень (височин);

г) для гірських територій характерна висотна зональність всіх водно-балансових складових і для середнього річного стоку води прослідковується закономірне зростання його модуля при підвищенні поверхні річкових водозборів.

References [Література]:

1. Kocherin D. I. (1927). Average annual and monthly runoff in the European part of the Union. *Proceedings of the Moscow Institute of Transport Engineers*. Iss.6. Moscow, 10-26. [In Russian].
[Кочерин Д. И. Средний многолетний годовой и месячный сток в Европейской части Союза // Труды Московского ин-та инженеров транспорта. Вып. 6. Москва, 1927. С. 10-26.]
2. Lvovich M. I. (1938). Experience in the classification of rivers of the USSR. *Proceedings of the State Hydrological Institute*. Iss. 6. Leningrad, 58-104. [In Russian].
[Львович М. И. Опыт классификации рек СССР. // Труды ГГИ. 1938. Вып. 6. С.58-104.]
3. Zaikov B.D. (1946). Average runoff and its distribution per year on the territory of the USSR. *Proceedings of the National Research University of the Main Department of the Hydrometeorological Service of the USSR*, Ser. 4, Iss. 24, 67-95 [In Russian].
[Зайков Б. Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР. Труды НИУ ГУГМС, 1946. Серия IV. Вып. 24. С. 67-95.]
4. Troitsky V. A. (1948). Hydrological zoning of the USSR. *Proceedings of the Commission on Natural History Regionalization of the USSR*. Vol. 2. Iss.3. Moscow-Leningrad, 111p. [In Russian].
[Троицкий В. А. Гидрологическое районирование СССР. Труды комиссии по естественно-историческому районированию СССР. Т.2, вып.3. Москва-Ленинград, 1948. 111 с.]
5. Lvovich M. I. (1969). Method for Integrated Study of the Territorial Water Balance. *Water Balance of the USSR and its Transformation: Collected papers*. Moscow, 15-23. [In Russian].
[Львович М. И. Метод комплексного изучения водного баланса территории / Водный баланс СССР и его преобразование: Сборник статей. Москва, 1969. С. 15-23.]
6. Kuzin P. S. (1960). *Classification of rivers and hydrological zoning of the USSR*. Leningrad, 455 p. [In Russian].
[Кузин П. С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Ленинград, 1960. 455 с.]
7. *Hydrological calculations for rivers of Ukraine*(1962). G. I. Shvets (ed.). Kyiv, 390 p. [In Ukrainian].
[Гідрологічні розрахунки для річок України //За ред. Г. І. Швеця. Київ, 1962. 390 с.]
8. *Surface water resources of the USSR. 5. Belarus and the Upper Dnieper. Iss.1.* (1966). V. V. Kupriyanov (ed.). Leningrad, 721 p. [In Russian].
[Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и верхнее Поднепровье. Вып. 1 / Под ред. В. В. Куприянова. Ленинград, 1966. 721 с.]
9. *Surface water resources of the USSR. Vol.6. Ukraine and Moldova. Iss. 4. Crimea.* (1966). M. M.Eisenberg, M. S.Kaganer (ed.). Leningrad, 344 p. [In Russian].
[Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 4. Крым / Под ред. М. М. Айзенберга, М. С. Каганера. Ленинград, 1966. 344 с.]
10. *Surface water resources of the USSR. Vol.6. Ukraine and Moldova. Iss.3. Rivers basin of the Seversky Donets and the of Azov rivers.* (1967), M. S.Kaganer (ed.). Leningrad, 492 p. [In Russian].
[Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Басейн Северского Донца и реки Приазовья / Под ред. М. С. Каганера. Ленинград, 1967. 492 с.]
11. *Surface water resources of the USSR. Vol.6. Ukraine and Moldova. Iss.1. Western Ukraine and Moldova.* (1969). M. S. Kaganer (ed.). Leningrad, 884 p. [In Russian].
[Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия / Под ред. М.С. Каганера. Ленинград, 1969. 884 с.]
12. *Surface water resources of the USSR. Vol. 6. Ukraine and Moldova. Iss. 2. Middle and lower Dnieper* (1971). M. S. Kaganer (ed.). Leningrad, 656 p. [In Russian].
[Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 2. Среднее и нижнее Поднепровье / Под ред.

- М. С. Каганера. Ленинград, 1971. 656 с.]
13. Vishnevskiy V. I. (2000). *Rivers and reservoirs of Ukraine. Condition and use*. Kyiv, 376 p. [In Ukrainian]. [Вишневецький В. І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ, 2000. 376 с.]
 14. Vishnevsky V. I., Kosovets O. O. (2003). *Hydrological characteristics of rivers of Ukraine*. Kyiv, 324 p. [In Ukrainian]. [Вишневецький В. І., Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ, 2003. 324 с.]
 15. Grebin V. V. (2010). *Modern water regime of the rivers of Ukraine (landscape-hydrological analysis)*. Kyiv, 316 p. [In Ukrainian]. [Гребін В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтногідрологічний аналіз). Київ, 2010. 316 с.]
 16. Horchenko E.D., Loboda N.S. (2001). Estimation of Ukraine's natural water resources by the method of water-heat balance. *Scientific Works of Ukrainian Research Hydrometeorological Institute*. Iss. 249, 106-119. [In Ukrainian]. [Гопченко Є.Д., Лобода Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплого балансу. Наукові праці УкрНДГМІ. 2001. Вип. 249. С. 106-119.]
 17. Maps № 4-6 in section 8. «Surface waters and water resources» (2007). *The National Atlas of Ukraine*. Ch. Ed. L.H. Rudenko (2007). Kyiv, 440 p. [In Ukrainian]. [Карти № 4-6 у розділі 8 «Поверхневі води та водні ресурси» // Національний атлас України / Гол. ред. Л.Г.Руденко. Київ, 2007. 440 с.]
 18. Gorbacheva L. O. (2017). Hydrological and genetic analysis of spatial-temporal regularities of water flow of rivers of Ukraine: methodology, trends, forecast: the dissertation author's abstract ... Doctor of Geographical Sciences: 11.00.07. Kyiv, 40 p. [In Ukrainian]. [Горбачова Л. О. Гідролого-генетичний аналіз просторово-часових закономірностей водного стоку річок України: методологія, тенденції, прогноз: автореф. дис. ... докт. геогр. наук: 11.00.07. Київ, 2017. 40 с.]
 19. Loboda N. S., Bozhok Yu. V. (2011). Variability of the climate and water resources of Transcarpathia. *Bulletin of the Odessa State Ecological University*, 12, 161-167. [In Ukrainian]. [Лобода Н. С., Божок Ю. В. Мінливість клімату та водних ресурсів Закарпаття // Вісник Одеського державного екологічного ун-ту. 2011. Вип. 12. С. 161-167.]
 20. Lukianets O. I., Konovalenko O. S. (2016). Analysis of spatial distribution and variability of annual average runoff of rivers of the Ukrainian Carpathians. *Collected Works of the XII Congress of the Ukrainian Geographical Society*, Vol. 2. Kyiv, 175-177. [In Ukrainian]. [Лук'янець О.І., Коноваленко О.С. Аналіз просторового розподілу та мінливості середнього річного стоку води річок Українських Карпат // Збірник праць XII з'їзду Українського географічного товариства. Т. 2. Київ, 2016. С. 175-177.]
 21. Obodovskyi O. G., Lukianets O. I., Konovalenko O. S., Korniienko V. O. (2016.) Average annual water flow of rivers of the Ukrainian Carpathians and peculiarities of its territorial division. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 4 (43), 25-32. [In Ukrainian]. [Ободовський О. Г., Лук'янець О. І., Коноваленко О.С., Корнієнко В.О. Середній річний водний стік річок Українських Карпат та особливості його територіального розподілу // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2016. 4(43). С. 25-32.]
 22. Lukianets O. I., Moskalenko S. A. (2017). The laws of long-term variability of the water flow of rivers in the Pripjat river basin (within Ukraine) and predictive estimates of their water content. *Collection of materials of International scientific and practical conference "Current Issues of Geosciences: Use of Natural Resources and Environmental Conservation". Part 1*. Brest, 184-188. [In Russian]. [Лук'янець О.И., Москаленко С.А. Закономерности многолетней изменчивости водного стока рек бассейна р. Припять (в пределах Украины) и прогнозные оценки их водности // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды». Брест, 2017. Ч. 1. С. 184-188.]
 23. Lukianets O. I., Korniienko V. A., 2017. Estimated characteristics of the average annual drainage of rivers of the Pripjat right bank part. *Collection of materials of International scientific and practical conference "Current Issues of Geosciences: Use of Natural Resources and Environmental Conservation"* Brest, 1, P. 180-183. [In Russian]. [Лук'янець О.И., Корнієнко В.А. Расчетные характеристики среднего годового стока воды рек правобережной части Припяти // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды». Брест, 2017. Ч.1. С. 180-183.]
 24. Chornomorets Yu. O., Pavlenko, P. A., Lukianets O. I. (2017). Recovering the average annual drainage of the Dnipro River. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 4 (47), 36-47. [In Ukrainian]. [Чорноморець Ю.О., Павленко П.А., Лук'янець О.І. Відновлення середнього річного стоку води річки Дніпро // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 4(47). С.36-47.]
 25. Obodovskyi O. G., Lukianets O. I., Rahmatullina E. R., Korniienko V. O. (2017). Distribution and generalization of the average annual runoff of rivers of the right-bank part of the Dnieper within Ukraine. *Abstracts of the First All-Ukrainian Hydrometeorological Congress*, Odessa, 158-159. [In Ukrainian].

- [Ободовський О.Г., Лук'янець О.І., Рахматулліна Е.Р., Корнієнко В.О. Розподіл та узагальнення середнього річного стоку води річок правобережної частини Дніпра в межах України // Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду. Одеса, 2017. С. 158-159.]
26. Obodovskiy, O. G., Snizhko, S.I., Grebin, V.V. et al. (2018). Hydro-ecological assessment of the energy potential of Ukrainian rivers in the face of climate change. Report on Research, No. 01118U001098. Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv, 194 p. [In Ukrainian].
[Гідроекологічна оцінка енергетичного потенціалу річок України в умовах кліматичних змін: Звіт про НДР, № 01118U001098/ Ободовський О. Г., Сніжко С. І., Гребін В.В. та ін. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2018. 194 с.]
 27. Obodovskiy, O.G., Lukianets O.I., Grebin, V.V., Pochaievets, O.O. (2019). Average annual water runoff within the river basin districts of Ukraine. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 3(54), 65-66. [In Ukrainian].
[Ободовський О.Г., Лук'янець О.І., Гребін В.В., Почаєвець О.О. Середній річний стік води в межах районів річкових басейнів України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2019. № 3 (54). С.65-66.]
 28. Grebin V.V., Lukianets O. I. (2019). Average annual runoff of rivers of the Dniester basin and its long-term variability. *Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «Rivers and Estuaries of the Black Sea at the Beginning of the 21st Century»*. Odessa, 46-48. [In Ukrainian].
[Гребін В.В., Лук'янець О.І. Середній річний стік води річок басейну Дністра та його багаторічна мінливість // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Річки та лимани Причорномор'я на початку ХХІ сторіччя». Одеса, 2019. С. 46-48.]
 29. Obodovskiy O., Lukyanets O., Moskalenko S., Korniienko V. (2019). Generalization of the average annual water runoff of the rivers according to the hydrographic zoning of Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology*, 51, 158-170. [In Ukrainian].
[Ободовський О., Лук'янець О., Москаленко С. & Корнієнко В. Узагальнення середнього річного стоку води річок відповідно до гідрографічного районування України // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Серія «Геологія. Географія. Екологія». 2019. №51 С. 158-170.]
 30. Obodovskiy O. G., Razlach Z. V., Onishchuk V. V., et al. (2015). Hydro-ecological assessment and forecasting of the energy potential of the Ukrainian Carpathian Rivers: Report on Research No. 0114U003482. Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv, 224 p. [In Ukrainian].
[Гідроекологічна оцінка і прогноз енергетичного потенціалу річок Українських Карпат: Звіт про НДР, № 0114U003482 / Ободовський О. Г., Розлач З. В., Онищук В. В. та ін. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2015. 224 с.]
 31. Obodovskiy O. G., Danko K. Yu. et al. (2017). Hydro-ecological assessment of the energy potential of the Dnieper River basins (within Ukraine) in the face of climate change: Final Report on Research. No.0116U004827. Kyiv National Taras Shevchenko University. Kyiv, 291 p. [In Ukrainian].
[Гідроекологічна оцінка енергетичного потенціалу річок басейну Дніпра (в межах України) в умовах змін клімату: Заключний звіт, № 0116U004827 / Ободовський О. Г., Данько К. Ю., Почаєвець О.О. та ін. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2017. 291 с.]
 32. Grebin V.V., Obodovskiy O.G., Zhovnir V.V., Mudra K.V., O. Pochaievets O.O. (2019). Estimation of the homogeneity of series of flow characteristics of rivers in the areas of river basins and sub-basins of Ukraine. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 1(52), 36-50. [In Ukrainian].
[Гребін В.В., Ободовський О.Г., Жовнір В.В., Мудра К.В., Почаєвець О.О. Оцінювання однорідності рядів стокових характеристик річок районів річкових басейнів та суббасейнів України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2019. № 1(52). С. 36-50.]
 33. Samoilenko V.M., Datsenko L.M., Dibrova I.O. (2015). *Gis designing*: Textbook. Kyiv, 256 p. [In English and in Ukrainian].
[Самойленко В.М., Даценко Л.М., Діброва І.О. Проектування ГІС: підручник (англ. і укр.). Київ, 2015. 256 с.]
 34. Svidzinska D.V. (2014). *Methods of geoecological research: geoinformation workshop on based on open SAGA GIS: a tutorial*. Kyiv, 402 p. [In Ukrainian].
[Свідзінська Д.В. Методи геоєкологічних досліджень: геоінформаційний практикум на основі відкритої ГІС SAGA: навчальний посібник. Київ, 2014. 402 с.]
 35. Obodovskiy O., Pochaievets O., Lukianets O., Onyschuk V. Kryvets O. (2019). Use Remote Sensing For Estimation Hydropower Potential Of The Rivers Of The Ukrainian Carpathians. *18th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects*. DOI: 10.3997/2214-4609.201902067
 36. Olaya V. (2004). *A gentle introduction to SAGA GIS*. Gottingen, 216 p.
 37. Pochaievets O., Obodovskiy O. (2019) Use of GIS for spatial distribution of low flow water runoff of Tisza River basins within Ukraine. *Physical Geography and Geomorphology*, 3 (95), 18-25. [In Ukrainian].
[Почаєвець О., Ободовський О. Використання ГІС для оцінки просторового розподілу мінімального стоку води річок басейну Тиси в межах України // Фізична географія і геоморфологія. 2019. 3 (95). С. 18-25.]

Стаття надійшла до редакції 10.06.2020