

УДК 556.167

Жовнір В.В., Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ВОДИ

Ключові слова: дослідження, мінімальний стік води, зміни клімату.

Вступ. Масштаби водокористування та його вплив на довкілля наразі досягли таких розмірів, що екологічні вимоги, які ставляться для збереження водного середовища, і навіть сама можливість використання водних ресурсів стають лімітуючим чинником соціально-економічного розвитку. Зростання споживання води разом із нерівномірним її розподілом по території та в часі, практично неконтрольоване забруднення водних ресурсів, зумовлюють необхідність більшої уваги до досліджень стоку у лімітуючі сезони.

Чисельні дослідження, що проведені впродовж останніх десятиріч, переконливо свідчать, що зміни клімату призводять до суттєвих змін водного режиму річок. Враховуючи потепління, що вже відбулося, та високу ймовірність продовження цієї тенденції на найближчі десятиріччя, на перший план виходить проблема оцінки змін річкового стоку. Особливої уваги привертають питання оцінки мінімального стоку річок.

Характер змін гідрометеорологічних характеристик, що вже відбулися, та висока ймовірність їх продовження у майбутньому змушують по новому підходити до визначення параметрів водогосподарських систем та правил їх експлуатації. У недалекому минулому рішення практичних завдань полегшувалося тим, що при гідрологічному обґрунтуванні водогосподарських заходів приймалася гіпотеза стаціонарності процесів стоку. Процеси глобального потепління ставлять під сумнів концепцію стаціонарності багаторічних коливань гідрометеорологічних величин. В таких умовах розрахунки мінімального стоку на фоні сучасних та майбутніх кліматичних змін стають однією з найбільш актуальних проблем гідрології.

Виклад основного матеріалу. Перші узагальнення щодо мінімального стоку річок Європейської території колишнього СРСР (разом із територією України) з'явилися наприкінці 20-х, на початку 30-х років минулого сторіччя. Зокрема, Кочерін Д.І. встановив, що величина мінімального стоку розподіляється по території у відповідності із кліматичними поясами та підпорядковується законам географічної зональності. Це дозволило йому побудувати першу карту мінімального стоку річок Європейської території колишнього СРСР (ЄТС) [1]. Зазначена публікація поклала початок вивченню мінімального стоку річок країни. Дослідження Кочеріна Д.І. було продовжено Сибірцевою Л.А., що у 1937 р. надала більш детальну характеристику розподілу мінімального стоку по території ЄТС [2]. Нею використано матеріали 280 пунктів спостережень по найменших та середніх місячних витратах води та проведено їх узагальнення по окремих басейнах та виділених нею районах.

Наприкінці 1930-х років у роботах Шевельова М.Е. запропоновано використання кореляційних залежностей між мінімальною витратою, нормою стоку та площею водозбору [3]. У 1941 році Уриваєвим В.А. побудовано карту ізоліній найменших річних середньодобових значень мінімального стоку для території

Східноєвропейської рівнини [4]. Карту Уриваєва В.А. було доповнено Поляковим Б.В., однак обидві карти не враховували гідрогеологічні умови живлення річок та об'єднували зимові та літні максимуми. Вивченням мінімального стоку наприкінці 30-х – на початку 40-х рр. минулого сторіччя займалися Казанцев Г.В., Зайков Б.Д., Соколовський Д.Л., Антонов Н.Д. В роботах останнього розглянуто основні фактори, що впливають на формування мінімального стоку, та на основі фактичних даних спостережень по європейській території колишнього СРСР розроблено емпіричні залежності для розрахунку мінімальних середньодобових модулів стоку для літнього і зимового сезонів. Так само, як і Шевельов М.Е., він запропонував використовувати непрямий метод розрахунку статистичних характеристик рядів мінімального стоку, що дозволило визначати мінімальний стік певної забезпеченості.

Дослідження мінімального стоку в цей період (20 – 40 рр. ХХ сторіччя) здійснювались у розрізі вивчення внутрішньорічного розподілу стоку. Для дослідження останнього виникла потреба розгляду джерел живлення річок. Найбільш важливим з точки зору водогосподарських розрахунків було визначення величини підземного живлення. Вона визначає такі елементи режиму річок, як мінімальний стік, внутрішньорічний розподіл стоку, явище пересихання річок та інше. Саме в 30-х роках минулого сторіччя сформувався два основних напрямки стосовно кількісного визначення підземного живлення річок: гідрологічний, що полягає у визначенні величини підземного живлення за даними про стік річок без кількісного врахування об'єму підземних вод даного басейну та гідрогеологічний, що ставить за мету визначення величини підземного притоку шляхом побудови гідрографа цього притоку. Представниками першого напрямку були відомі вчені такі як Глушков В.Г., Огієвський А.В., Поляков Б.В., Львович М.І. та інші. Розвиток другий напрямок отримав в роботах Боголюбова С.М. та Соколовського Д.Л. [5]. Перші дослідження підземного живлення річок України виконано наприкінці 1930-х років Маковим К.І. [6].

Наступний етап досліджень мінімального стоку (50 – 70 рр. минулого сторіччя) характеризувався вивченням генетичних особливостей формування мінімального стоку, що сприяло зростанню точності розрахункових моделей. Комплексний гідролого-гідрогеологічний підхід до вивчення генетичних особливостей формування мінімального стоку отримав розвиток в роботах Норватова О.М. [7], що розробив нову схему районування мінімального стоку малих річок на основі карти залягання підземних вод. Ним було виділено однорідні (за гідрогеологічними умовами) райони європейської території колишнього СРСР у межах яких модуль мінімального стоку є пропорційним площі водозбору. В середині 1950-х років спробу генетичного аналізу процесу формування мінімального стоку здійснив Чеботарьов Н.П. [8]. Але запропонована ним схема визначення модулю мінімального стоку вимагала врахування значної кількості кліматичних факторів та підстильної поверхні, що знижувало її практичну цінність.

Наприкінці 60-х років минулого сторіччя Поповим Л.Н. було побудовано карти ізоліній мінімального середньомісячного стоку по території колишнього СРСР в зимовий та літньо-осінній період [9]. Ці карти дозволяли визначити мінімальний середньомісячний стік річок з площами водозбору від 1000 до 75 000 км².

В 1960-х – 1970-х роках значний вклад у вивчення мінімального стоку вніс Владіміров А.М., якому належать принципи виділення межених періодів на гідрографах річок, районування території колишнього СРСР за умовами живлення річок у межених період. В його роботах також наведено повний аналіз процесу формування стоку в маловодний період року, класифіковані стокоформуєчі фактори, надано рекомендації по розрахунку характеристик стоку річок в межених

період при наявності гідрометричних спостережень, а також при їх відсутності. Зокрема автором запропоновано метод перехідних коефіцієнтів, що дозволяє визначити стік певної забезпеченості для невивчених річок [5]. Владіміровим А.М. підготовлено низку довідників та нормативних документів стосовно мінімального стоку. Основним закономірностям формування та характеристикам мінімального стоку річок колишнього СРСР присвячено монографію Курдова О.Г., що вийшла у 1970 році [10].

У 70-х – 80-х роках минулого сторіччя було закладено основи теоретичних уявлень про закономірності формування меженного стоку річок в різні сезони та в різних природних умовах, а також запропоновано методи його розрахунків при різному об'ємі та доступності гідрометеорологічної інформації. Це знайшло відображення в ряді законодавчих нормативних документів (будівельні норми).

В зазначений період внаслідок різкого зростання водоспоживання та, відповідно, скидів стічних вод гострішою стає проблема виснаження водних ресурсів та незадовільної якості води. В працях Б.В. Фащевського, Н.І. Коронкевича, Ю.М. Ємельянова, О.Г. Гриневича та ін. значна увага приділяється розробці методики та розрахунку «мінімального екологічного стоку». У працях різних авторів цю витрату води називають по-різному: «мінімально допустима», «природоохоронна», «екологічна», «лімітуюча», «екологічно достатня», «мінімально необхідна», але сутність її залишається подібною. У всіх випадках розуміють одне і те саме – ту витрату води, менше якої у водотоці настають негативні наслідки для природних умов, нормального функціонування річкового потоку, господарського використання та санітарних умов, що призводить до економічних втрат та екологічних наслідків [11].

Проблеми вивчення мінімального стоку і методів його розрахунку отримали новий розвиток в останні десятиріччя. Це пов'язано з тим, що численні дослідження [12, 13, 14] виявляють істотні зміни водності річок, переважно в маловодні сезони, і пов'язують це явище з потеплінням клімату. Так, колектив вчених ДГІ під керівництвом І.О. Шикломанова на основі отриманих оцінок динаміки річного та сезонного стоку європейських річок робить висновок, що збільшення меженного, особливо зимового, стоку є вираженою реакцією водозборів на потепління останніх років [12, 13].

В [13] було також відзначено, що масштаби змін, що відбуваються, є неординарними і не мають аналогів в ХХ сторіччі. Автори приходять до висновку щодо кліматичної зумовленості цих змін, пов'язуючи зростання меженного стоку зі збільшенням запасів підземних вод, що відбувається внаслідок збільшення приземної температури повітря та збільшення живлення підземних вод в зимовий час.

Ці висновки підтверджуються дослідженнями І.С. Зекцера [15], Р.Г. Джамалова, Н.Л. Фролової та ін. [16], що також пов'язують характерний внутрішньорічний перерозподіл стоку і збільшення меженного стоку зі збільшенням живлення підземних вод і підвищенням їх рівня. Це, в свою чергу, є наслідком збільшення частоти і тривалості відлиг і зменшення глибини промерзання ґрунтів. Зміни режиму стоку на європейській території Росії (ЄТР) Вони відносять до 1978-1980 рр., що узгоджується з висновками [12, 13].

Спроба розділити кліматичний і антропогенний вплив на мінімальний стік зроблена в роботах вчених Інституту географії РАН [17]. Регіональним дослідженням змін мінімального стоку річок на тлі кліматичних змін було присвячено чимало робіт [17-20].

Можливі наслідки кліматичних змін для мінімального стоку були предметом інтенсивних досліджень вчених багатьох країн світу. В основному ці дослідження

були сфокусовані на змінах середніх багаторічних показників мінімальних витрат води. Й.Шаак і Чанзен [21] встановили факт більшого впливу кліматичних змін на мінімальний стік в порівнянні з максимальним. До цього Х.Лібхер [22] також продемонстрував різний ефект кліматичної нестабільності, який виявляється у змінах максимального і мінімального стоку. Він проілюстрував регіональні варіації цього впливу на мінімальний стік в різних частинах басейну Рейну, використовуючи довгі ряди спостережень.

О.Майеракова та інші [23] виявили тренд до зменшення мінімального річного стоку річок Словаччини в останні десятиріччя. Використовуючи дані для річок басейну Міссісіпі, П.Теліс [24] показав, що циклічна структура рядів стоку відповідає циклічності випадіння опадів, і запропонував метод розрахунку характеристик мінімального стоку відповідно до кліматичних циклів.

Т.Вуд [25] запропонував інженерам-гідрологам залучати до розрахунків палеогідрологічні дані, щоб поліпшити точність оцінки стоку меженного періоду. Він виявив, що погода у Великобританії стає більш мінливою з тенденцією до більш посушливого літа і більш вологої осені, що в свою чергу впливає на характеристики мінімального стоку. При цьому він підкреслює, що ця тенденція спостерігалася тільки в останні десятиріччя і, ймовірно, є частиною багаторічного циклу кліматичних змін.

Н.Арнелл [26] вивчив можливі зміни в частоті появи гідрологічних екстремумів в Європі. Він зауважив, що проблема виявлення таких змін є досить складною, оскільки ряди спостережень занадто короткі. Зв'язок між виявленим збільшенням кількості сухих і теплих років і зниженням мінімального стоку не є однозначним. Маловоддя було дуже низьким в Європі в середині 70-х, і тільки місцями в Данії і на півночі Британії дуже низькі значення стоку були зафіксовані в 1980-х роках. Здається, що спостережені зміни меженного стоку і кліматичних показників узгоджені, проте в [26] було зроблено висновок, що модель, яка використовує історичні дані про стік, не є репрезентативною для оцінки мінімального стоку на майбутнє. Визначення впливу кліматичних змін на оцінку подій з довгоперіодною циклічністю є складним, тому що такі оцінки мають високу мінливість навіть в умовах стаціонарності.

Р.Уілбі [27] розробив модель, яка пов'язує прогнози кліматичних змін, одержані за допомогою моделі загальної циркуляції атмосфери, і прогнози гідрологічних компонентів в масштабі водозборів. Ним було використано цілу низку кліматичних сценаріїв, і вплив цих сценаріїв на характеристики мінімального стоку було показано на прикладі річок Великобританії.

Е.Куорнер та інші [28] вивчили антропогенний внесок і внесок кліматичних змін в тривалість межени і дефіцит стоку в цей період, використовуючи низку фізико-математичних моделей. Було використано кілька кліматичних сценаріїв (збільшення температури повітря на 2 і 4 градуси в поєднанні зі збільшенням або зменшенням опадів на 10%). Результати було отримано для кількох малих водозборів. Виявлено, що як тривалість маловодних періодів, так і обсяг дефіциту стоку збільшуються на більшості водозборів в результаті потепління клімату. На водозборах із посушливими умовами це збільшення істотне. Збільшення опадів мало б компенсувати ефект зростання температури повітря.

В цілому, незважаючи на очевидну важливість питання зв'язку мінімального стоку зі змінами клімату, досліджень, спеціально присвячених цьому питанню, недостатньо [29]. На думку автора, питанням прогнозу мінімального стоку в нестационарних кліматичних умовах повинно приділятися більше уваги. Подальші дослідження повинні розвиватися в двох напрямках: як шляхом аналізу наявних

історичних екстремумів, так і шляхом оцінки наслідків для стоку реалізації різних сценаріїв можливих кліматичних змін.

В даний час одним з основних завдань гідрології є розробка методів розрахунку характеристик мінімального стоку при різному обсязі вихідної інформації з урахуванням впливу кліматичних змін, що відбуваються, та зростаючого антропогенного навантаження. Рішення такого завдання має обов'язково включати в себе дослідження статистичної структури рядів з визначенням генетичної та статистичної однорідності вихідної інформації, обґрунтування вибору репрезентативності рядів для розрахунку параметрів кривих розподілу і вибір теоретичної функції розподілу [30].

Перші ґрунтовні дослідження мінімального стоку річок України здійснено в середині 50-х років минулого сторіччя в роботі Чіппінг Г.О. та Лисенко К.А. [31]. Авторами виділено в межах України 13 районів за однорідністю гідрогеологічних умов формування мінімального стоку. На думку авторів головним фактором, що зумовлює величину мінімального стоку у межах одного району є вертикальна гідродинамічна зональність підземних вод та величина ерозійного врізання долини річки. Вплив інших чинників, що впливають на мінімальний стік (рельєфу, заболоченості, залісеності та ін.) на думку авторів обумовлює відхилення від середніх значень по району. На підставі проведених досліджень було розроблено рекомендації для визначення мінімальних витрат розрахункової забезпеченості, якими можна користуватися при відсутності матеріалів спостережень. Картоосхеми розподілу мінімальних середньомісячних і середньодобових модулів стоку малих річок України наведено Лисенко К.А. в «Атласе природних умов и естественных ресурсов Украинской ССР» [32]. Картоосхеми побудовано за даними спостережень, що охоплюють період з 1946 по 1975 роки.

Детальні характеристики мінімального стоку річок України наведено у відповідних випусках «Ресурсів поверхневих вод», виданих протягом 1966-1971 років. Нажаль, ряди спостережень, за якими розраховувались характеристики мінімального стоку є доволі короткими (20-25 років) і охоплюють, переважно, післявоєнні роки (до 1965 року) [33-37].

Районування території України за умова формування мінімального стоку наведено у роботі за ред. Стрельця Б.І. [38]. На основі аналізу даних за період 1946-1975 рр. виділено 27 районів на території України за умовами формування мінімального стоку, частина з яких поділяється на підрайони. Межі районів і підрайонів проведено за вододілами середніх і малих річок з подібними гідрогеологічними умовами живлення підземними водами. Ця схема районування є удосконаленим варіантом тієї схеми, яка була запропонована раніше К.А. Лисенко.

Районування території України за умовами формування мінімального стоку на підставі аналізу даних від початку спостережень по 1980 рік наведено у довіднику «Малі річки України» за ред. Яцика А.В., що вийшов друком у 1991 році [39]. Наведена схема районування дещо відрізняється від зазначеної вище як за кількість районів (їх виділено 26) та підрайонів так і за їх межами. При проведенні районування автори виходили з того, що в межах одного району з подібними гідрогеологічними умовами живлення річок підземними водами, при інших однакових умовах, буде аналогічним тим річкам, по яким є дані спостережень, якщо їх долини досягають тих же водоносних горизонтів.

Певну увагу характеристикам мінімального стоку річок країни приділено у працях Вишневецького В.І. [40] та Вишневецького В.І., Косовця О.О. [41], виданих на початку 2000-х років. Зокрема, автори аналізують зміни мінімального стоку річок України, що відбулися у 90-х роках минулого сторіччя під впливом кліматичних змін.

Дослідження мінімального стоку річок України проводяться в Одеському державному екологічному університеті під керівництвом проф. Н.С. Лободи, зокрема, треба відзначити такі роботи, присвячені аналізу змін мінімального стоку річок басейнів Дністра та Південного Бугу під впливом майбутніх кліматичних змін [42].

Ґрунтовний аналіз характеристик мінімального стоку річок України та їх порівняння у сучасний період з періодом до початку 90-х років минулого сторіччя наведено у монографії Гребеня В.В. [43]. Розглядаються характеристики мінімального стоку зимової та осінньої межени по окремих ландшафтно-гідрологічних провінціях. Відзначене суттєве зростання мінімального стоку в продовж останніх 20-25 років.

Останні ґрунтовні дослідження характеристик мінімального стоку річок України та її циклічних коливань, з виділенням окремих циклів та фаз у багаторічній зміні мінімального стоку, наведено у дисертаційній роботі Горбачової Л.О. [44], де проаналізовано відповідні характеристики від початку спостережень до 2010 року включно.

У 2000-х роках в Україні з'явилася низка публікацій, де розглядаються закономірності просторового та часового розподілу гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок. Першою з них можна відзначити дисертаційну роботу Т.В. Соловей [45], присвячену оцінці впливу гідрологічних чинників на якість води річки Прут. Розглянуто головні гідрологічні процеси і характеристики формування гідрохімічного режиму і якості води річок басейну верхнього Пруту, виявлено закономірності залежності якості води від мінливості мінімального стоку.

У монографії за ред. В.К. Хільчевського [46], присвяченій гідролого-гідрохімічній характеристиці мінімального стоку річок басейну Дніпра виявлено загальні тенденції у формуванні мінімальних середньомісячних та середньодобових витрат води різної забезпеченості і хімічного складу річкових вод. Відзначено певні відмінності, характерні для окремих річок басейну, обумовлені взаємодією комплексу фізико-географічних, гідрологічних та антропогенних чинників. За гідролого-гідрохімічними показниками мінімального стоку проведено районування басейну Дніпра у межах України.

Просторово-часовий розподіл гідролого-гідрохімічних показників у поверхневих водах басейну р. Південний Буг наведено у колективній монографії за ред. В.К. Хільчевського [47], виданій у 2009 році. На підставі аналізу даних за 1980-2004 рр. по 14 пунктах спостережень в межах басейну авторами охарактеризованих гідрохімічний режим Південного Бугу та його приток за періоди зимової та літньо-осінньої межени.

Висновки. Перші узагальнення щодо характеристик мінімального стоку річок України було зроблено майже сторіччя тому, наприкінці 1920-х років. По мірі накопичення даних спостережень та зростання тривалості рядів, проводилась обробка даних та розраховувались характеристики мінімального стоку, наведені у відповідних публікаціях. При наявності достатньої кількості публікацій, присвячених, власне, самим розрахунковим характеристикам меженного стоку, значно менше уваги у дослідженнях українських вчених приділено оцінці тенденцій сучасних та майбутніх змін характеристик мінімального стоку, що відбуваються та будуть відбуватись під впливом кліматичних змін. Актуальність цього питання підтверджується значною кількістю зарубіжних публікацій, що аналізуються у даній статті.

Доволі незначною є увага в публікаціях вчених країни до характеристик якості води річок в меженний період. Особливо це стосується періоду літньо-осінньої

межені, коли на фоні малої водності річок спостерігається значне погіршення екологічної ситуації в їх руслах.

Зазначені вище проблемні питання потребують подальшого аналізу та уваги з боку науковців.

Список літератури

1. *Кочерин Д.И.* Низкие и наименьшие расходы воды на территории Европейской части СССР. Труды Московского института инженеров транспорта. 1929. Вып. XI. **2.** *Сибирцева Л.А.* Минимальный сток и его распределение на Европейской части СССР / Исследования рек СССР. 1937. Вып. 10. **3.** *Шевелев М.Э.* Метод расчета обеспеченных минимумов речного стока. Метеорология и гидрология, № 8, 1937. **4.** *Урываев В.А.* Обеспеченность расходов в году рек Европейской части СССР. Труды НИУГУГМС, 1941. Вып. 2. Сер. IV. **5.** *Владимиров А.М.* Минимальный сток рек СССР. Гидрометеоиздат, 1970. 214 с. **6.** *Маков К.И.* О гидрогеологических условиях подземного питания рек УССР. К.: Геологичний журнал, 1938. Т. VI. С. 8-17. **7.** *Норватов А.М.* Минимальный сток малых рек Европейской территории СССР. Труды ГГИ, 1956. Вып. 67. **8.** *Чеботарев Н.П.* Теория и метод определения минимального стока. / Труды всесоюзного совещания по изучения стока, регулирования стока и зимнему режиму. Изд-во АН СССР, 1954. **9.** *Баранов В.А.* Минимальный сток рек ЕТС. Труды ГГИ, 1966. Вып. 133. **10.** *Курдов А.Г.* Минимальный сток рек (основные закономерности формирования и методы расчета). Воронеж: изд-во ВГУ, 1970. 252 с. **11.** *Болгов М.В., Коробкина Е.А., Трубецкова М.Д., Филимонова М.К., Филиппова И.А.* Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волги. Метеорология и гидрология, 2014 №3. С. 75-85. **12.** Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И.А. Шикломанов. СПб.: ГГИ, 2008. 587 с. **13.** *Георгиевский В.Ю., Шалыгин А.Л.* Гидрологический режим и водные ресурсы. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: 2012. С. 53-85. **14.** *Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Бабкин В.И., Балонишникова Ж.А.* Проблемы изучения формирования и оценки изменений водных ресурсов и водообеспеченности России. Метеорология и гидрология, 2010. №1. С. 23-32. **15.** *Зекцер И.С.* Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод. М.: Научный мир, 2012. 372 с. **16.** *Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Киреева М.Б., Сафронова Т.И.* Изменения режима и величины подземного стока рек Европейской территории России под влиянием нестационарного климата. // Ресурсы подземных вод: современные проблемы изучения и использования: материалы междунар. научн. конф. к 100-летию со дня рождения Б.И. Куделина. М.: МАКС Пресс, 2010. С.83-93. **17.** *Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Зайцева И.С., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А.* Климатические и антропогенные факторы в многолетних изменениях речного стока реки Волги. Водное хозяйство России, 2013. № 4 С.4-19. **18.** *Аржакова С.К.* Зимний сток рек криолитозоны России. СПб.: РГГМУ, 2001. 209 с. **19.** *Болгов М.В., Мишон В.М., Сенцова Н.И.* Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения. М.: Наука, 2005. 318 с. **20.** *Киреева М.Б., Фролова Н.Л.* Современные изменения водного режима рек бассейна Дона. // Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление: сборник трудов первой открытой конференции Научно-образовательного центра. М.: 2011. С. 98-113. **21.** *Schaake J.C., Chunzen L.* Development and application of simple water balance models to understand the relationship between climate and water resources. New directions for surface water modeling // Proceedings of a Baltimore Symposium, 1989. IAHS Publication. No. 181. P. 343-352. **22.** *Liebscher H.J.* The use of long-term river level and discharge records in the study of climatic variations in the Federal Republic of Germany // Proceedings of the Symposium on Variations in the Global Water Budget. Reidel, Oxford, 1983. P. 173-184. **23.** *Majercakova O., Fendekova M., Leskova D.* The variability of hydrological series due to extreme climate conditions and possible change of the hydrological characteristics with respect to potential climate change // FRTEND'97 Regional Hydrology: concepts and models for sustainable Water Resource Management, 1997. IAHS Publications. No. 246. P. 59-66. **24.** *Telis P.A.* Improving estimates of low-flow characteristics for streamflow stations affected by climatic cycles // Proceedings of the 20th Mississippi Water resources Conference, 1990. Jackson, Mississippi: Water Research Institute, Mississippi State University. P. 37-40. **25.** *Wood T.R.* Present-day hydrology of the River

Severn // Paleohydrology in Practice: A River Basin Analysis, 1987. Wiley, New York. P. 79-97. **26.** *Arnell N.W.* Changing frequency of extreme hydrological events in northern and western Europe // FRIENDS in Hydrology, IAHS Publications, 1989. No. 187. P. 237-249. **27.** *Wilby R., Greenfield B., Glenn C.* A coupled synoptic- hydrological model for climate change impact. J.Hydrol, 1994. Vol.153. P. 265-290. **28.** *Querner E., Tallaksen L.M., Kasperek L., Lanen van H.A.J.* Impact of land-use, climatic change and groundwater abstractions on streamflow droughts using physically-based models // FRTEND'97 Regional Hydrology: concepts and models for sustainable water Resource Management. IAHS Publications. No. 246. **29.** *Smakhtin, V.Y.* Low flow Hydrology: a review. J.Hydrol, 2001. Vol.240. P. 147-186. **30.** *Амусья А.З., Патнер Н.С., Соколов Б.Л.* Минимальный сток рек: состояние и перспективы исследований. Труды ГГИ, 1991. Вып. 355. С. 3-28. **31.** *Чіппінг Г.О., Лисенко К.А.* Річний та мінімальний стік на території України. К.: Вид-во АН УРСР, 1959. 164 с. **32.** Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. М.: ГУГК, 1978. 183 с. **33.** Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и верхнее поднепровье. Вып.1 / Под ред. В.В. Куприянова. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 721 с. **34.** Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия / Под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 884 с. **35.** Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 2. Среднее и нижнее поднепровье / Под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 656 с. **36.** Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья / Под ред. М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 492 с. **37.** Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 4. Крым / Под ред. М.М. Айзенберга, М.С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 344 с. **38.** Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца. К.: Урожай, 1987. 304 с. **39.** Малі річки України. Довідник / За ред. А.В. Яцика. К.: Урожай, 1991. 296 с. **40.** *Вишневецький В.І.* Річки і водойми України. Стан і використання. К.: Віпол, 2000. 376 с. **41.** *Вишневецький В.І., Косовець О.О.* Гідрологічні характеристики річок України. К.: Ніка-центр, 2003. 324 с. **42.** *Лобода Н.С.* Расчеты минимального стока зимней межени Верхнего Днестра на основе метода множественной регрессии. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2004. Вип. 48. С. 468-472. **43.** *Гребінь В.В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр, 2010. 316 с. **44.** *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. **45.** *Соловей Т.В.* Характеристика мінімального стоку річок басейну Прута. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: тези доп. II Всеукр. наук. конф. К.: Ніка-Центр, 2003. С. 76-77. **46.** Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / За ред. В.К. Хільчевського. К.: Ніка-Центр, 2007. 184 с. **47.** Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу / За ред. В.К. Хільчевського. К.: Ніка-Центр, 2009. 184 с.

Аналитический обзор исследований минимального стока воды

Жовнір В.В., Гребінь В.В.

Розглянуто результати досліджень українських та закордонних вчених щодо дослідження характеристик мінімального стоку річок. Виявлено, що більшість робіт присвячено розрахунковим характеристикам меженого стоку. Значно менше уваги приділено оцінці тенденцій сучасних та майбутніх змін характеристик мінімального стоку, що відбуваються під впливом кліматичних змін. Незначною є увага до характеристик якості води річок в межений період.

Ключові слова: дослідження, мінімальний стік води, зміни клімату.

Аналитический обзор исследований минимального стока воды

Жовнір В.В., Гребень В.В.

Рассмотрены результаты исследований украинских и зарубежных ученых по исследованию характеристик минимального стока рек. Выведено, что большинство работ посвящено расчетным характеристикам меженого стока. Значительно меньше внимания уделено оценке тенденций современных и будущих изменений характеристик минимального стока, происходящих под влиянием климатических изменений. Незначительным является внимание к характеристикам качества воды рек в меженный период.

Ключевые слова: исследование, минимальный сток воды, изменения климата.

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 1 (48)

Analytical review of studies of minimal runoff the water

Zhovnir V., Grebin' V.

The first generalizations regarding the characteristics of the minimum runoff of the Ukrainian rivers were made almost a century ago, in the late 1920s. With the accumulation of observational data and an increase in the length of the series, data processing was carried out and the characteristics of the minimum runoff were calculated, which are published in the suitable publications. There are a sufficient number of publications devoted specifically to the calculation characteristics of a low-water runoff, and in the research of scientists much less attention is given to the assessment of trends in current and future changes in the characteristics of the minimum runoff, that that occur and will occur under the influence of climate change. The urgency of this issue is confirmed by a large number of foreign publications, which are analyzed in this article.

In the publications of the scientists of the country had given rather insignificant note to the characteristics of water quality in rivers in the water-low period. This is especially true for the period of summer-autumn water-low period, when in the background of low water levels of rivers there is a significant deterioration of the ecological situation in their riverbeds.

At present, one of the main tasks of hydrology is the development of methods for calculating the characteristics of the minimum runoff with varying amounts of source information with taking into account the impact of climate change and the increasing man-made load. The decision of such a task must necessarily include the study of the statistical structure of the series with the definition of the genetic and statistical homogeneity of the source information, the justification of the choice of representativeness of the series for the calculate the parameters of the distribution curves and the choice of theoretical distribution function.

The above problematic issues require further analysis and attention from scientists.

Key words: *research, minimal runoff, climate change.*

Надійшла до редколегії 07.03.2018

УДК: 556.512

Кожем'якін Д.В., Чорноморець Ю.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВОДНИЙ БАЛАНС БАСЕЙНІВ РІЧОК ДНІСТРА ДО МІСТА ЗАЛІЩИКИ

Ключові слова: *водний баланс, вагові коефіцієнти, GIS програми, опади, стік, випаровування, посушливість.*

Актуальність дослідження. Водний баланс являється головним інструментом комплексного дослідження різноспрямованих процесів із накопичення, перерозподілу та витрачання вологи в межах річкового водозбору. Головною перевагою водно-балансового підходу перед іншими методами досліджень є можливість кількісно оцінити внесок окремих гідрометеорологічних явищ у формування річкового стоку. Ґрунтуючись на водно-балансових співвідношеннях можна вирішувати такі завдання як: вивчення умов і встановлення закономірностей формування поверхневих і підземних водних ресурсів, їх структури, розроблення заходів з управління водним режимом території і його збереження або часткове перетворення в інтересах забезпечення потреб населення та окремих галузей господарства.

Метою дослідження є розрахунок складових водного балансу та складання його рівняння за багаторічний період для басейнів річок водозбору Дністра до гідрологічного поста Заліщики, за місяцями та за гідрологічний рік, а також оцінювання точності визначення складових балансу.