

УДК 556.16

І.О. Шахман,

аспірант

Херсонський гідрометеорологічний технікум

ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЧНОГО СТОКУ РІЧОК НИЖНЬОГО ПОДНІПРОВ'Я В УМОВАХ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Виконано розрахунок статистичних параметрів побутового стоку та їх аналіз. Виявлені статистично неоднорідні ряди, їх хронологічний хід в умовах господарської діяльності.

Ключові слова: річний стік, статистичні характеристики

Постановка проблеми. Одним з найважливіших напрямлень у дослідженнях гідросфери є вивчення її як джерела водних ресурсів, а також оцінка сукупності гідрологічних процесів, які відбуваються в гідросфері. На величину і мінливість річкового стоку впливають антропогенні фактори, а саме процеси водоспоживання і водовідведення в рамках того чи іншого регіону.

На виконання екологічних, соціальних та економічних розділів Закону України „Про основи національної безпеки України” (2003 р.) Інститутом проблем національної безпеки (УПНБ) при РНБО України був виконаний аналіз стану стратегічно важливих життєзабезпечуючих ресурсів (водних, земельних, мінерально-сировинних та ін.) в контексті національної безпеки держави. Використання водних ресурсів в Україні є найбільш високим у світі і складає до 100 % техногенного перетворення поверхневих вод і до 10-20 % – підземних.

Найбільш критична ситуація склалася в межиріччі Інгул – Інгулець, де виділяються зони постійного широкомасштабного підтоплення, які створилися під впливом техногенних факторів, таких як експлуатація великих масивів зрошування, що приводить до порушення водного балансу території.

Аналіз останніх матеріалів досліджень і публікацій. Гідрологічна вивченість поверхневих водних ресурсів України недостатня для отримання достовірних оцінок їх стану в залежності антропогенних перетворень і прийняття обґрунтованих рішень по експлуатації і управлінню водогосподарськими системами. Сучасні узагальнення річного стоку відображають, перш за все, закономірності просторово-часового розподілу побутового, порушеного господарською діяльністю стоку, залишаючи у вигляді „білих плям” південні регіони України, де відсутня інформація по стоку як в природних, так і в порушених господарською діяльністю умовах [5].

У зв'язку з незбалансованою з законами природи водогосподарською діяльністю у другій половині минулого сторіччя з метою вирішення питань водозабезпечення економіки України, яка з кінця 60-х років відрізнялася випереджаючими темпами зростання водокористування від 15,9 млрд. куб.м/рік у 1960 році до 32-35 млрд. куб.м/рік – у 1985-1990 роках, була спричинена зміна гідрогеологічного середовища, особливо у південних регіонах України. Відбулася зміна природних водотоків у зв'язку із зарегульованістю, влаштуванням ставків і накопичувачів (спостерігалось підвищення водокористування в 3-12 разів вище обсягів власних природних ресурсів поверхневих і підземних вод), ліквідацією балок, малих річок тощо. Цей процес трансформувался в новий фактор сталого переважання живлення переважно ґрунтових вод і уповільнення їх розвантаження в межах систем „вододіл – русло річки”. Найбільш типовим прикладом цього процесу може бути Херсонська область, яка замість регіональних

дрен в річкових долинах Дніпра, Інгульця, Молочної та уріза Сівашу має області техногенного підпорного живлення (+ 3,0–15,0 м) [10].

Спостерігається максимально негативний вплив на водні ресурси Херсонської області за рахунок дії Криворізького промислового комплексу, у першу чергу, в басейні річки Інгулець. Лише шламонакопичувачі гірничо-збагачувальних комбінатів „тиснуть” на землю 50–60-ти метровими водяними стовпами з мінералізацією 30–70 г/літр, а поливна вода Інгулецької зрошувальної системи несе с собою солей у 2–3 рази більше норми. Зміна природного гідрологічного режиму р. Інгулець призвела також до втрати рибогосподарського значення цієї річки. Крім того, на території Інгулецького водогосподарсько-меліоративного комплексу, землі якого зрошуються понад 40 років мінералізованою водою, середні врожаї суттєво зменшилися за цей час: наприклад, озимої пшениці на 38–64 %, цукрових буряків – на 50–70 %, багаторічних трав – на 45–75 % та інш..

Таким чином, у сучасних умовах зарегульована річкова мережа України і особисто на рівнинних територіях південних регіонів, яка за оцінками фахівців втратила до 80 % природної дренажної здатності, і є переважним фактором в зміні природного гідрологічного режиму річок Нижнього Подніпров'я [4].

Метою статті є оцінка статистичних параметрів побутового стоку річок Нижнього Подніпров'я в умовах впливу антропогенних факторів.

Матеріали та методи досліджень. Для річок Нижнього Подніпров'я була виконана оцінка статистичної однорідності рядів річного стоку. Оцінки статистичних параметрів стоку (середнє, дисперсія, коефіцієнти варіації C_v , асиметрії – C_s , автокореляції), що розраховані за даними спостережень, характеризують властивості статистичного розподілу величин, які досліджуються, і використовуються на практиці для визначення стоку в різні за водністю періоди. Згідно СНиП 2.01.14 – 83 [9], статистичні параметри визначаються методом найбільшої правдоподібності або методом моментів. Перехід від λ_2 і λ_3 до статистичних параметрів C_v і C_s здійснюється за допомогою номограм.

В зв'язку з тим, що коливання річного стоку мають виражено циклічний характер, в гідрологічних розрахунках використовується поняття “норми річного стоку” [3]. При цьому розуміється його середня величина за багаторічний період із незмінними ландшафтними, географічними умовами, які відносяться до сучасної геологічної епохи, і з постійним рівнем господарського освоєння водозбору річок. Тривалість цього періоду повинна бути такою, при якій подальше подовження ряду величин річного стоку практично не змінює її значення. Значення норми стоку, найбільш близьке до значення генеральної сукупності, може бути отримано з ряду, який вміщує найбільше число циклів коливань водності річки.

Використані дані спостережень за шарами стоку по восьми діючих гідрологічних стокових постах Нижнього Подніпров'я та прилеглих територіях Північно-Західного Причорномор'я. Найбільш довгий ряд спостережень (69 років) з 1931 по 2003 роки має гідрологічний пост р. Інгул – с. Новогорожене, самий короткий (46 років) – з 1958 по 2003 роки – р. Інгулець – с. Іскрівка. Максимальне значення шарів стоку для територій, що розглядаються, спостерігалось на водозборі річки Інгулець на посту р. Інгулець – с. Олександрівка-Степанівка, яке у 1991 році склало 175 мм, а на водозборі р. Інгул – м. Кіровоград – 170 мм у 1947 році. Мінімальний шар стоку зафіксований на гідрологічному посту р. Кодима – с. Катеринка – 4,1 мм у 1936 та 1954 роках, а р. Інгулець – м. Кривий Ріг – 3,8 мм – у 1954 році.

Результати досліджень та їх аналіз. Мінімальне і максимальне значення середньобагаторічних величин стоку для Нижнього Подніпров'я і прилеглих територій

складають 24 мм р. Кодима – с. Катеринка і 45 мм р. Інгул – с. Новогорожене, відповідно.

Для оцінки ступеня точності оцінювання середньобігаторічних значень стоку Y_0 були розраховані середні квадратичні та відносні похибки (табл. 1, 2). Аналіз даних дозволяє дійти висновку, що точність розрахунку для регіону, що досліджується, знаходиться в межах 7–9 % при $\varepsilon_{\text{дон}} = 10\%$, окрім поста р. Інгулець – с. Олександростепанівка, на якому відносна похибка перевищується і який відноситься до числа статистично неоднорідних. Тому для всіх постів, окрім цього поста, довжина рядів вважається достатньою для визначення \bar{Y} , а величини середніх бігаторічних шарів стоку приймаються за норми [8].

Коефіцієнти варіації змінюються в межах від 0,50 до 0,93 (метод моментів) і 0,50–0,73 (метод найбільшої правдоподібності), а відносна середня квадратична похибка цих значень знаходиться в межах 9–12 % (за обома методами), що відповідає $\varepsilon_{\text{дон}} = 15\%$, тобто довжина рядів може вважатися достатньою для отримання достовірних оцінок коефіцієнтів варіації. Стосовно коефіцієнтів асиметрії картина наступна: діапазон значення величин C_s становить 0,32–1,95 у методі моментів; 0,98–1,97 – у методі найбільшої правдоподібності; $\varepsilon_{C_s} = 33\text{–}183\%$ (метод моментів) та 33–60 % (метод найбільшої правдоподібності), $(C_s/C_v)_{\text{сер}} = 1,94$ та 2,29, відповідно. Отже, для регіону, що розглядається відношення (C_s/C_v) може бути прийнятим на рівні 2. Між значеннями C_v , визначеними за методами моментів і найбільшої правдоподібності існує добре виражений зв'язок, якщо не ураховувати значення $C_v > 0,7$ (метод моментів), яке отримане для водозбору р. Інгулець – с. Олександростепанівка. При значній бігаторічній мінливості рядів, визначення параметрів за методом найбільшої правдоподібності дає результати, які суттєво відрізняються від результатів отриманих за методом моментів.

Для оцінки точності результатів розрахунків вибірка (вихідний ряд спостережень) повинна бути репрезентативною. Репрезентативність включає в себе дві умови: 1) вибірка повинна бути однорідною; 2) необхідно, щоб елементи вибірки повинні відображати основні властивості генеральної сукупності [7]. Аналіз однорідності вибірки проводився на основі критерію Колмогорова-Смірнова при $2n \geq 60$. У роботі [6] наводиться узагальнення критеріїв Стьюдента и Фішера на випадок корельованих за часом і у просторі та асиметричних послідовностей значень гідрологічних величин. Якщо вибіркові середні арифметичні значення і дисперсії є такими, що належать до однієї генеральної сукупності, то також будуть однорідними й вибіркові коефіцієнти асиметрії. Тоді можна стверджувати про те, що вибірки описуються однією і тією ж функцією розподілу (кривою Пірсона III типу або трьохпараметричного гама-розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля).

Як показали результати розрахунків, до статистично неоднорідних відносяться водозбори: р. Кодима – с. Катеринка; р. Інгул – м. Кіровоград; р. Інгулець – с. Іскрівка.

Неоднорідність цих рядів стокових величин за часом обумовлена водогосподарськими перетвореннями на водозборах (будівництвом водосховищ, перекидом стоку з однієї річки в іншу, скиданням у поверхневі водотоки підземних вод, інтенсивні забори води на зрошення та ін.). Статистична неоднорідність параметрів вибірок, які розглядаються, часто пов'язана з існуванням певної тенденції розвитку процесів. При впливі антропогенного фактора, який змінюється за часом, є сенс припустити існування лінійного зв'язку між спостерігаємою величиною стоку і часом.

Таблиця 1 -Статистичні параметри шарів річного стоку, визначені за методом моментів

| № п/п | Назва поста | Довжин а ряду | \bar{Y} , мм | $\varepsilon_{\bar{Y}}$, % | C_V | ε_{C_V} , % | C_S | ε_{C_S} , % | C_S/C_V | ε_{C_S/C_V} |
|-------|--|---------------|----------------|-----------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| 1 | р. Кодима – с. Катеринка | 67 | 24 | 7,63 | 0,62 | 9,95 | 1,30 | 46,6 | 2,10 | 0,48 |
| 2 | р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка | 67 | 43 | 6,94 | 0,57 | 9,75 | 1,18 | 47,0 | 2,07 | 0,52 |
| 3 | р. Інгул – м. Кіровоград | 59 | 44 | 8,16 | 0,63 | 10,6 | 1,95 | 33,2 | 3,09 | 0,51 |
| 4 | р. Інгул – с. Седневка | 50 | 44 | 7,02 | 0,50 | 10,9 | 1,13 | 51,0 | 2,26 | 0,69 |
| 5 | р. Інгул – с. Новогорожене | 69 | 45 | 7,32 | 0,61 | 9,75 | 0,32 | 183 | 0,52 | 0,48 |
| 6 | р. Інгулець – с. Олександро-Степанівка | 67 | 43 | 11,4 | 0,93 | 11,2 | 1,98 | 47,7 | 2,13 | 0,32 |
| 7 | р. Інгулець – с. Іскрівка | 46 | 34 | 8,80 | 0,60 | 11,8 | 1,19 | 59,0 | 1,98 | 0,60 |
| 8 | р. Інгулець – м. Кривий Ріг | 63 | 29 | 8,42 | 0,67 | 10,4 | 0,89 | 74,8 | 1,33 | 0,46 |

$$\left(\frac{C_S}{C_V}\right)_{сер} = 1,94$$

Таблиця 2 – Статистичні параметри шарів річного стоку, визначені за методом найбільшої правдоподібності

| № п/п | Назва поста | Довжин а ряду | \bar{Y} , мм | $\varepsilon_{\bar{Y}}$, % | C_V | ε_{C_V} , % | C_S | ε_{C_S} , % | C_S/C_V | ε_{C_S/C_V} |
|-------|--|---------------|----------------|-----------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| 1 | р. Кодима – с. Катеринка | 67 | 24 | 7,63 | 0,61 | 10,1 | 1,22 | 48,6 | 2,00 | 0,65 |
| 2 | р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка | 67 | 43 | 6,94 | 0,57 | 9,94 | 1,47 | 37,9 | 2,58 | 0,67 |
| 3 | р. Інгул – м. Кіровоград | 59 | 44 | 8,16 | 0,63 | 10,9 | 1,97 | 33,9 | 3,13 | 0,64 |
| 4 | р. Інгул – с. Седневка | 50 | 44 | 7,02 | 0,50 | 11,2 | 1,24 | 42,5 | 2,48 | 0,72 |
| 5 | р. Інгул – с. Новогорожене | 69 | 45 | 7,32 | 0,71 | 10,4 | 1,67 | 40,6 | 2,35 | 0,60 |
| 6 | р. Інгулець – с. Олександро-Степанівка | 67 | 43 | 11,4 | 0,61 | 10,1 | 0,98 | 60,4 | 1,61 | 0,65 |
| 7 | р. Інгулець – с. Іскрівка | 46 | 34 | 8,80 | 0,59 | 12,1 | 1,21 | 57,4 | 2,05 | 0,66 |
| 8 | р. Інгулець – м. Кривий Ріг | 63 | 29 | 8,42 | 0,73 | 11,2 | 1,56 | 46,9 | 2,14 | 0,59 |

$$\left(\frac{C_S}{C_V}\right)_{сер} = 2,29$$

Процедура перевірки значущості параметрів рівнянь лінійної регресії заключається в порівнянні розрахованої характеристики t_C (квантиль розподілу Стьюдента) з критичним значенням t_{Ckp} . Якщо $t_C > t_{Ckp}$, нульова гіпотеза про незначущість параметра відкидається. У хронологічному ході річного стоку цих величин просліджується існування тренду, причому на водозборах р. Кодима – с. Катеринка та р. Інгулець – с. Олександро-Степанівка відзначається стійка тенденція до збільшення стоку за рахунок скидів води. І, навпаки, на водозборі р. Інгул – м. Кіровоград відмічається зменшення стоку, яке можна пояснити перевагою забору води над скидами. Коефіцієнти кореляції отриманих емпіричних залежностей ($Y = f(t)$) є статистично значущими. На інших водозборах зв'язків стоку з часом не встановлено.

Наявність внутрішньорядного зв'язку в рядах річного стоку використовувались Ю.М. Альохінін [1] для наддовгострокового прогнозування річного стоку, інших геофізичних явищ і коливань річкового стоку. Оцінка отриманих висновків пов'язана зі застосуванням того, наскільки достовірні судження про внутрішньорядні лінійні зв'язки $r(\tau)$ генеральної сукупності, які розраховуються по вибірковій автокореляційній функції спостереженого ряду. Розрахунки $r(1)$ були виконані по річному стоку річок Нижнього Подніпров'я та прилеглих територій. Установлено, що статистичний параметр $r(1)$ є незначущим для таких водозборів: р. Чорний Ташлик – с.Тарасівка, р. Інгул – с. Седневка, р. Інгул – с. Новогорожене, р. Інгулець – с. Олександро-Степанівка, р. Інгулець – м. Кривий Ріг.

Така картина сформувалася тому, що протягом десятиріч, аж до кінця 80-х років минулого сторіччя, водовикористання у Нижньому Подніпров'ї невпинно зростало. Це було спричинено збільшенням промислового і сільськогосподарського виробництва, збільшенням чисельності міського населення, поліпшенням його соціально-побутових умов. Ситуація істотно змінилася з початку 90-х років. За даними Держводгоспу України, забір прісної води з природних об'єктів (включаючи підземні родовища) у 2000 р. порівняно із серединою 80-х років зменшився більш як вдвічі [10]. Тенденції стабільного зменшення відображають не стільки розуміння необхідності ощадливого ставлення до водних ресурсів, скільки є наслідком загальної економічної депресії в державі, коли величезна кількість підприємств-водоспоживачів змушена була скоротити або й зовсім припинити виробництво. Отже, ця тенденція повинна розглядатися як явище тимчасове, а відтак можна стверджувати, що проблема раціонального використання водних ресурсів залишається в Україні актуальною на майбутнє.

Важливими притоками Дніпра і Південного Бугу є рр. Інгулець і Інгул, відповідно. Характерною особливістю гідрологічного режиму р. Інгулець є надзвичайно великий вплив господарської діяльності. Цей вплив є настільки значним, що важко сказати, чим річка є більше: природним об'єктом чи господарським. У верхній течії в річку вода надходить з каналу Дніпро-Інгулець. В середній течії водність зростає завдяки каналу Дніпро-Кривий Ріг. Нарешті, в нижній течії рух води у вегетаційний період є зворотним, оскільки саме завдяки цьому функціонує Інгулецька зрошувальна система. Певну роль у гідрологічному режимі відіграють рудничні та шахтні води. У верхній частині басейну в річку та її притоки відкачуються води з кількох буровугільних розрізів, що розташовані навколо м. Олександрії. Водночас основним постачальником шахтних вод є залізорудні підприємства Кривого Рогу (їх об'єм становить 50 млн. м³). Вплив господарської діяльності доповнюється регулюванням. Найбільшим на річці є Карачунівське водосховище, що знаходиться на західній околиці Кривого Рогу. Його повний об'єм становить 308,5 млн. м³. Доволі

великим (40,7 млн.м³) є Іскрівське водосховище, що розташоване у верхів'ї річки в межах Кіровоградської області. Значною зарегульованістю відзначається р. Саксагань, що є лівою притокою р. Інгулець. На цій річці також розташовані Макортівське (57,9 млн.м³) та Кресівське (10,2 млн.м³) водосховища.

Якість вод р. Інгулець не дозволяє використовувати їх навіть з метою зрошування, тому вода на водозбір подається зрошувальними каналами з р. Дніпро. Площа земель, зрошувальних за рахунок річки-донора, дорівнює 950 км², що складає 10 % від загальної площі водозбору.

В межах водозбору р. Інгул також має місце водовідведення стоку. Так, наприклад, водопостачання м. Кіровоград здійснюється по водоводу Дніпро-Кіровоград з пропускною спроможністю 54,0 млн.м³ за рік, а м. Миколаїв – по водоводу Дніпро-Миколаїв – в об'ємі 71,4 млн.м³ за рік і за каналами Інгулецької зрошувальної системи.

Другим за значенням фактором господарської діяльності річок, що досліджуються, є додаткове випаровування з поверхні ставків і водосховищ. Найбільш велике водосховище на р. Інгулець, Карачунівське, має площу водної поверхні – 44,8 км², при цьому сумарна площа водної поверхні ставків складає – 36,1 км². В басейні р. Інгул найбільш крупним є Софіївське водосховище (об'єм 36 млн.м³). Сумарна площа водної поверхні ставків в басейні р. Інгул досягає 161 км².

Що стосується зрошування, то в басейні р. Інгул воно не має значного розвитку. Згідно даних інституту Південьгіпроводгосп, площа земель, які зрошуються за рахунок стоку р. Інгул, складає 150 км². При загальній площі водозбору в 9850 км², відносна площа зрошувальних земель дорівнює 1,5 %.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Перелічені проблеми потребують для свого вирішення постановки і проведення гідрографо-картологічних обстежень і гідрометричних спостережень в сукупності з гідрогеологічними експериментальними роботами, розробку першочергових пропозицій щодо прискореного впровадження басейнових схем водокористування, обґрунтування гранично допустимих водно-екологічних навантажень, впровадження водогосподарських еколого-економічних моделей. Дані таких робіт надзвичайно необхідні для встановлення регіональних закономірностей зв'язку поверхневих і підземних вод, гідрологічних показників стоку в підтоплених і карстових районах, розрахунках його ресурсів при вирішенні питань як осушення підтоплених територій, так і зрошування та водопостачання посушливих районів півдня України.

Отримані результати планується використати при оцінці характеристик стоку в природних (непорушених господарською діяльністю) умовах його формування; при оцінці характеристик стоку в умовах проведення водогосподарських заходів для окремих водозборів; при проведенні узагальнення результатів досліджень з метою розробки моделі розрахунку характеристик стоку в умовах антропогенного впливу.

Список літератури

1. Алехин Ю.М. Статистические прогнозы в геофизике. – Л.: Изд. ЛГУ, 1963. – 86 с.

2. Вишневецький В.І., Косовиць О.О. Гідрологічні характеристики річок України. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
3. Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 546 с.
4. Загорчевна Н.Б., Яковлев Є.О., Бабіченко В.Я., Цивінський Г.В. Стратегія подолання водно-екологічної кризи на Херсонщині, яка спричинена регіональним розвитком підтоплення територій. // Матеріали третьої науково-практичної конференції „Підтоплення-2005”. – К.: НПЦ „Екологія. Наука. Техніка.”, 2005. – с.18-23.
5. Лобода Н.С. Расчёты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. – Одесса.: Экология, 2005. – 208 с.
6. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 247 с.
7. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 276 с.
8. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 111 с.
9. СНиП 2.01.14-83. Определение расчётных гидрологических характеристик. / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.
10. Яковлев Є.О., Шестопалов В.М. Аналіз сучасних змін водообміну гідрогеологічних структур та їх зв'язку з динамікою розвитку процесу регіонального підтоплення земель України як фактор нової національної загрози. // Матеріали третьої науково-практичної конференції „Підтоплення-2005”. – К.: НПЦ „Екологія. Наука. Техніка.”, 2005. – с.5-8.

Characteristics of stream flow of Low Pridneproviya under economic activity circumstances. Shakhman I. O.

Calculation and estimation of life-conditioned annual runoff statistic parameters are made for Low Pridneproviya. The calculated characteristics under economic activity are generalized.

Key words: *annual runoff, statistical parameters*

Характеристики речного стока Нижнього Придніпров'я в умовах господарської діяльності. Шахман І. А.

Виконан розрахунок та оцінка статистических параметрів побутового стока для рек Нижнього Придніпров'я. Проаналізовані розраховані характеристики в умовах господарської діяльності.

Ключевые слова: *годовой сток, статистические характеристики*