

УДК 556.16:556.06

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗРОШУВАННЯ ЗА РАХУНОК РІЧКИ–ДОНОРА (ДНІСТРА)
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЧНОГО СТОКУ РІЧКИ БАРАБОЙ****Н. С. Лобода**, д-р геогр. наук,
Я. С. Яров*Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, slavikyarov82@gmail.com*

У статті виконана оцінка характеристик річного стоку невивченої з гідрологічної точки зору річки Барабой (Одеська область) у природних та порушених водогосподарською діяльністю умовах на базі моделі «клімат-стік».

Основними чинниками антропогенного впливу на гідрологічний режим річки Барабой є велика кількість штучних водойм та інтенсивне зрошування сільськогосподарських масивів водами річки Дністер. Надані оцінки змін природного стоку річки Барабой в умовах наявності штучних водойм та зрошування за рахунок річки-донора (Дністра). Показано, що за природних умов формування стоку річка мала б пересихати у маловодні та дуже маловодні роки. Додаткове випаровування з поверхні штучних водойм сприяє зменшенню величин річного стоку. В результаті використання моделі «клімат-стік» установлено, що зворотні води, які надходять до русла річки із сільськогосподарських земель, зрошуваних за рахунок вод річки-донора (Дністра), здатні суттєво збільшити фактичний стік річки Барабой у гирловій області (на 10-30 % за багаторічний період в залежності від масштабів водогосподарських перетворень). Доведено, що приплив зворотних вод при різних реальних площах зрошування перекирає втрати стоку на додаткове випаровування з поверхні штучних водойм. Донорське зрошування забезпечує стабільні величини річкового стоку у маловодні та дуже маловодні роки. Недоліком донорського зрошування є виникнення ефекту підтоплення земель. Модель «клімат-стік» дозволяє виконувати оптимізацію водогосподарських перетворень, забезпечуючи найбільш ефективне використання сільськогосподарських земель в залежності від масштабів зрошування, їх розташування в межах водозбору, вибору основних сільськогосподарських культур, які потребують зрошування.

Ключові слова: модель «клімат-стік»; характеристики природного та побутового річного стоку; штучні водойми; донорське зрошування; зворотні води.

1. ВСТУП

Річки Північно-Західного Причорномор'я належать за своїми розмірами до малих та середніх річок [1]. У минулому вони відігравали значну роль у соціально-економічному житті людей [2]. Нині більшість річок зарегульована водосховищами та ставками, які утримують значну частину поверхневого стоку весняних водопіль та дощових паводків, сприяючи зменшенню їх водних ресурсів та тривалому пересиханню річок у їх гирловій частині [3]. На початку ХХІ сторіччя вплив господарської діяльності посилюється через наслідки регіональних змін клімату, які проявляються у виді зростання температур повітря на фоні майже незмінних річних сум опадів, що призвело до зневоднення Північно-Західного Причорномор'я [4]. Через відсутність або нестачу даних спостережень за стоком як у природних, так і порушених водогосподарською діяльністю умовах виникла проблема розрахунків характеристик природного та побутового стоку

невивчених у гідрологічному відношенні річок.

Предметом даного дослідження є річка Барабой, яка знаходиться в Одеській області, об'єктом – характеристики річного стоку р.Барабой у природних та порушених господарською діяльністю умовах.

Метою роботи є визначення характеристик природного та побутового річного стоку р.Барабой на основі сучасних математичних моделей стоку в умовах антропогенного впливу [5].

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

За відсутності даних спостережень використовуються просторово-часові узагальнення характеристик стоку у вигляді карт ізоліній, районів, тощо. Карти ізоліній середніх багаторічних величин річного стоку річок України розробили Л. Г. Онуфрієнко та І. І. Волошин [6] за даними до 1978 року. Запропонована карта спирається на матеріали 615 пунктів із площею водозборів від 100 км² до 50000 км². Не враховувались во-

дозбори площею менше 100 км² рівнинних районів лісостепової зони, а також Донецького Кряжу, Приазовської та Подільської височин, де стік значно відрізняється від зонального під впливом геологічної будови, карсту та інших місцевих чинників, серед яких значне місце можуть посідати чинники антропогенного походження. У довідковій роботі [7] наведені результати узагальнень, отримані цима авторами.

Пізніше карта ізоліній норм річного стоку була дещо уточнена А. І. Шерешевським та П. Ф. Вишневецьким з використанням даних 80-х років минулого сторіччя [8]. На обох картах, так само, як і на картах СНіП 2.01.14-83, територія Північно-Західного Причорномор'я показана як недостатньо вивчена з гідрологічної точки зору: ізолінії норм стоку проведені пунктирною лінією. Недоліком цих просторово-часових узагальнень є те, що вони спиралися на матеріали про побутовий, тобто порушений водогосподарською діяльністю стік, і це вплинуло на результати узагальнень. У СНіП 2.01.14-83 [9] для розрахунку коефіцієнтів варіації C_V при відсутності даних спостережень для усієї території колишнього СРСР рекомендовано формулу узагальненого вигляду в залежності від середньої багаторічної величини стоку та площі водозборів. Відношення коефіцієнтів асиметрії C_S до коефіцієнту варіації C_V рекомендовано визначати за районами.

3. ОПИС ОБ'ЄКТА

Водозбір річки Барабой належить басейну Чорного моря і розташований в межах південної степової зони. Витік річки (відмітка 140 м абс) знаходиться в 5 км на північний схід від села Покровка Роздільнянського району Одеської області. Річка впадає в Чорне море на південний захід від с. Грибовка [10].

Довжина річки становить 93 км, площа водозбору складає 652 км², лісистість дорівнює 2,36 % від загальної площі водозбору, розораність досягає 73,3 %. Середня висота водозбору дорівнює 80 м. Еродованість басейну становить 39,6 %, урбанізованість – 5,31 %.

Загальна площа водної поверхні штучних водойм дорівнює 8,2 км², з них 3,3 км² припадає на ставки [7]. З водосховищ виділяються Барабойське (площа водної поверхні становить 383 га, повний об'єм 24,0 млн. м³) та Санжейське (площа водної поверхні становить 67,25 га, повний об'єм 793,1 тис. м³), для наповнення яких відбувається перекид стоку р. Дністер [11-13]. Зазначені водосховища входять до складу двох черг Нижньодністровської зрошувальної системи

(НДЗС), яка за проектом нараховує 38 тис. га зрошувальних сільськогосподарських земель [14]. Фактична площа зрошуваних земель у межах водозбору р. Барабой суттєво змінюється по роках (за даними паспорту річки (1992 рік) площа зрошування змінювалася з 16230 га до 17240 га [10]). Барабойське водосховище забезпечує зрошування 11927 га земель в межах II черги НДЗС (з яких фактично у 2010 р. зрошувалось 3455 га угідь [11]). Санжейське водосховище забезпечує зрошування 4756 га земель в межах I черги НДЗС (з яких фактично у 2011 р. зрошувалось 3525 га угідь [12]). Зрошуванню в основному підлягають зернові, кормові, овочеві, плодово-ягідні та декоративні культури.

Річка Барабой є малою. До природних чинників формування стоку відносяться кліматичні чинники та вплив підстильної поверхні, до антропогенних – перекид стоку р. Дністер для потреб зрошення, а також наповнення і збереження води у Барабойському та Санжейському водосховищах протягом року для забезпечення інших господарських потреб (рибництво, рекреація). Через значну площу зрошуваних земель відбувається надходження зворотних вод до русла річки, переважно у вигляді ґрунтового стоку протягом року та надлишкових вод зі зрошувальних мереж I черги НДЗС у поливний період (технологічні, аварійні скиди) у формі поверхневого стоку. Певний вплив також має антропогенне надходження поверхневих і підземних вод до річки внаслідок фільтраційних і аварійних втрат води з водогінно-каналізаційних мереж населених пунктів, розташованих переважно вздовж берегів річки. Ці обставини викликають ефект підтоплення (наприклад, біля с. Мирне). Для запобігання підтопленню заплава р. Барабой частково обвалована, проводиться механічна розчистка та поглиблення русла для покращення умов протікання води в ньому. Береги річки відведені під городи, сади і будівлі. По берегам випасають худобу. Лише на окремих місцях чітко виділена водоохоронна зона. В гирловій ділянці русло являє собою залізобетонний канал, випуск в море обладнаний шлюзом. Гідрологічні спостереження за стоком річки не проводяться.

4. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення характеристик річного природного та побутового (перетвореного водогосподарською діяльністю) стоку р. Барабой в умовах відсутності даних спостережень була застосована модель «клімат-стік», розроблена в ОДЕКУ [15]. Імітаційна стохастична модель

«клімат-стік» розглядає процес формування водних ресурсів річок у ланцюгу «клімат → підстильна поверхня → водогосподарська діяльність → побутовий стік». На вході в модель використовуються метеорологічні дані для розрахунків характеристик стоку річок у природних (непорушених водогосподарською діяльністю) умовах. До імітаційного стохастичного моделювання побутового (трансформованого водогосподарською діяльністю) стоку залучаються розраховані за метеорологічними даними статистичні параметри природного річного стоку та відомості про масштаби водогосподарських перетворень на водозборі. Теоретичною основою розрахунків природного стоку річок є водно-тепловий баланс водозборів, а побутового – рівняння водогосподарського балансу, представлене в ймовірнісній формі [16]. Для оцінки впливу водогосподарських заходів в результаті імітаційних експериментів розроблені функції антропогенного впливу, які залежать від водності річок та масштабів водогосподарських перетворень [17]. Модель калібрована та верифікована на ретроспективних даних минулого сторіччя (до початку значущих змін клімату, тобто до 1989 р.) для різних географічних зон України та різних за розмірами водозборів. Точність визначених статистичних параметрів природного річного та побутового стоку відповідає вимогам нормативних документів України по розрахунках гідрологічних характеристик і для середніх багаторічних величин річного стоку становить $\pm 10\%$. Методика була успішно застосована для визначення статистичних параметрів річного стоку невивчених у гідрологічному відношенні річок Північно-Західного Причорномор'я (Тилігул [18] та Куяльник [19]). На основі моделі розроблена методика розрахунків характеристик річного природного та побутового стоку при відсутності даних спостережень за стоком або значному його перетворенні водогосподарською діяльністю, яка увійшла до нормативних документів Молдови [20] та до проекту нормативних документів з гідрологічних розрахунків України [21].

5. ОПИС І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Середня багаторічна величина річного стоку, визначена за метеорологічними даними, називається нормою річного кліматичного стоку. Розглядувана характеристика відповідає нормі зонального річного стоку і розраховується за балансовим рівнянням

$$\bar{Y}_K = \bar{X} - \bar{E}_m \cdot \left[1 + \left(\frac{\bar{X}}{\bar{E}_m} \right)^{-n} \right]^{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

де $\bar{Y}_K, \bar{X}, \bar{E}_m$ – середні багаторічні величини (норми) річного кліматичного стоку, опадів та максимально можливого випаровування, відповідно; n – параметр, що інтегрує вплив фізико-географічних умов формування стоку та приймається рівним 3.

За картою ізоліній норм річного кліматичного стоку, наведеною в [12], встановлена норма річного кліматичного річного стоку для річки Барабой, яка становить 19 мм.

Для малих та середніх річок із нестійким підземним живленням до кліматичної норми річного стоку, знятої з карти вводяться поправочні коефіцієнти, які враховують вплив підстильної поверхні. У степовій зоні Північно-західного Причорномор'я, де велике значення при формуванні стоку мають втрати на поверхневе затримання схилового стоку і де «діюча» площа водозбору, що приймає участь у формуванні стоку, значно менша фактичної, перехідні коефіцієнти визначаються за формулами:

$$K_{ПЕР} = 1 - 0,003 \cdot (280 - H_{cep}), \quad (2)$$

$$K_{ПЕР} = 1, \quad (3)$$

де H_{cep} – середня висота водозбору, м.

Формула (2) справедлива при $H_{cep} < 280$ м, формула (3) – при $H_{cep} \geq 280$ м.

Коефіцієнт переходу від норми кліматичного стоку до природного, визначений за формулою (2) при $H_{cep} = 80$ м дорівнює 0,40. Звідки шукана середня багаторічна величина річного природного стоку становить 7,6 мм.

З метою визначення таких статистичних параметрів річного стоку як коефіцієнти варіації, асиметрії, автокореляції використовуються результати просторово-часових узагальнень статистичних параметрів річного стоку річок України [5] та отримані наступні співвідношення між основними статистичними параметрами природного річного стоку

$$C_V = \frac{1,5}{\left(\frac{\bar{Y}}{10} \right)^{0,60}}. \quad (4)$$

Для річок Північно-Західного Причорномор'я мають місце наступні закономірності

$$C_S = 1,7 \cdot C_V; r(1) \cong 0, \quad (5)$$

де C_V – коефіцієнт варіації річного стоку; C_S – коефіцієнт асиметрії; $r(1)$ – коефіцієнт автокореляції.

Згідно із проведеними розрахунками (табл. 1) установлено, що навіть у природних умовах формування стоку річка Барабой пересихає у маловодні та дуже маловодні роки з 75 % та 95 % відсотковою забезпеченістю річного стоку.

Кількісна оцінка впливу додаткового випаровування з водної поверхні штучних водойм на річний стік надавалася за рівняннями антропогенного впливу, які мають вигляд:

$$k'_{\bar{Y}} = e^{-\alpha_{\bar{Y}} f_B}, \quad (6)$$

$$k'_{C_V} = e^{\alpha_{C_V} f_B}, \quad (7)$$

$$k'_{C_S} = e^{\alpha_{C_S} f_B}, \quad (8)$$

де $k'_{\bar{Y}}$, k'_{C_V} , k'_{C_S} (загальне позначення k'_G) – коефіцієнти впливу додаткового випаровування з водної поверхні штучних водойм на статистичні параметри річного стоку \bar{Y}, C_V, C_S (загальне позначення G); f_B – сумарна площа водної поверхні штучних водойм, виражена у відсотках від загальної площі водозборів F ; $\alpha_{\bar{Y}}$, α_{C_V} , α_{C_S} – коефіцієнти інтенсивності антропогенного впливу на статистичні параметри річного стоку \bar{Y}, C_V, C_S , які залежать від норми кліматичного

стоку \bar{Y}_K .

Визначення коефіцієнтів $\alpha_{\bar{Y}}$, α_{C_V} , α_{C_S} , наведених у цих рівняннях, відбувається так:

$$\alpha_{\bar{Y}} = 0,767 \cdot \bar{Y}_K^{(-0.49)}, \quad (9)$$

$$\alpha_{C_V} = 0,247 \cdot e^{(-0.0274 \bar{Y}_K)}, \quad (10)$$

$$\alpha_{C_S} = 0,179 \cdot e^{(-0.0246 \bar{Y}_K)}. \quad (11)$$

Встановлено, що лише за рахунок впливу додаткового випаровування з поверхні штучних водойм середній багаторічний стік р.Барабой зменшується від 9,2 % при $f_B=0,5$ % до 19,7 % при $f_B=1,25$ % (табл. 2). Оскільки, Барабойське та Санжейське водосховища наповнюються водами Дністра, то втрати на випаровування має сенс розраховувати для площі водної поверхні ставків, що відповідає $f_B=0,5$ %. На водозборі р.Барабой має місце зрошування за рахунок річки-донора (Дністра), зрошувані масиви розташовані близько до русла річки, до якого відбувається розвантаження зворотних ґрунтових вод, що сприяє додатковому припливу води до річки, спричиняючи зростання її стоку. Кількісна оцінка впливу донорського зрошування на водні ресурси річки Барабой виконується за допомогою функцій антропогенного впливу, які дозволяють встановити коефіцієнти антропогенного впливу для заданих кліматичних умов ($\bar{Y}_K = 19$ мм) і показників масштабів водогосподарських перетворень:

Таблиця 1 – Статистичні параметри природного річного стоку водозбору р. Барабой

Норма кліматичного стоку, \bar{Y}_K , мм	Перехідний коефіцієнт, $K_{ПЕР}$	Статистичні параметри природного річного стоку			Величини природного річного стоку у роки різної водності із забезпеченістю P , мм						
		\bar{Y} , мм	C_V	C_S	$Y_{1\%}$	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$	$Y_{95\%}$	$Y_{99\%}$
19	0,40	7,6	1,8	3,06	62	34	10	2,2	0	0	0

Таблиця 2 – Статистичні параметри побутового стоку р. Барабой при наявності на водозборі штучних водойм (норма природного річного стоку дорівнює 7,6 мм)

Площа водної поверхні штучних водойм f_B , %	Коефіцієнти антропогенного впливу			Статистичні параметри побутового стоку			Величини побутового річного стоку у роки різної забезпеченості					
	$K'_{\bar{Y}}$	K'_{C_V}	K'_{C_S}	$\bar{Y}_{ПОВ}$, мм	C_V	C_S	$Y_{1\%}$, мм	$Y_{5\%}$, мм	$Y_{25\%}$, мм	$Y_{50\%}$, мм	$Y_{75\%}$, мм	$Y_{95\%}$, мм
0,50	0,91	1,07	1,06	6,9	1,94	3,2	62	33	9	1,55	0	0
1,0	0,83	1,16	1,12	6,3	2,09	3,4	61	32	8	0,90	0	0
1,25	0,80	1,20	1,15	6,1	2,16	3,5	60	31	7	0,71	0	0

$$K_{\bar{Y}}'' = 1,00 + n_{\bar{Y}} f_{3p} + l_{\bar{Y}} v_0 + d_{\bar{Y}} \xi - C_{\bar{Y}} \eta_{3p}, \quad (12)$$

$$K_{C_V}'' = 1,00 - n_{C_V} f_{3p} - l_{C_V} v_0 - d_{C_V} \xi + C_{C_V} \eta_{3p}, \quad (13)$$

$$K_{C_S}'' = 1,00 + n_{C_S} f_{3p} + l_{C_S} v_0 + d_{C_S} \xi - C_{C_S} \eta_{3p}, \quad (14)$$

де K_G'' – коефіцієнти впливу зрошування за рахунок річки-донора на досліджуваний статистичний параметр G ; η_{3p} – коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи; ξ – коефіцієнти зворотних вод, які утворюються за рахунок втрат води на інфільтрацію при зрошуванні сільськогосподарських масивів і надходять до русла річки підземним шляхом; значення коефіцієнту ξ відповідає розташуванню масивів відносно водоприймача; коефіцієнт ξ приймається рівним одиниці при зрошуванні заплавної земель та $\xi = 0,5$ – при зрошуванні інших ділянок (на вододілах ξ наближається до нуля); f_{3p} – сумарна площа зрошуваних масивів, виражена в частках від загальної площі водозборів; v_0 – безрозмірна характеристика середнього за весь вегетаційний період рівня зволоження ґрунту, при якому розвиток відповідної сільськогосподарської культури є оптимальним: $v_0 = 0,8$ – для зернових культур; $v_0 = 0,90$ – для овочевих та кормових культур; $v_0 = 1$ – для вологолюбивих культур (наприклад, рису); n_G, l_G, d_G, C_G – коефіцієнти рівнянь множинної регресії.

При розрахунках статистичних параметрів річного стоку р. Барабой було прийнято, що $v_0 = 0,90$ (переважають овочеві та кормові куль-

тури); $\xi = 0,5$ та $\xi = 1,0$; $\eta_{3p} = 0,9$. Характеристика $\xi = 1,0$ бралася для сучасних умов, коли площа зрошуваних земель зменшилася і більша її частина сконцентрувалася біля річки. Відносна площа зрошуваних земель приймалася рівною 0,14 (14 %) та 0,08 (8 %) від загальної площі водозбору.

Із результатів розрахунків (табл. 3) витікає, що за умов донорського зрошування суттєво зменшується варіація та суттєво зростає асиметрія розподілу річного стоку. Надходження додаткових вод до річки забезпечує збільшення її водності у маловодні роки.

Значення статистичних параметрів побутового стоку при одночасному урахуванні двох чинників водогосподарської діяльності обчислюються за формулами:

$$Y_{ПОВ} = Y_{ПР} (K_{\bar{Y}}' + K_{\bar{Y}}'' - 1), \quad (15)$$

$$C_{V_{ПОВ}} = C_{V_{ПР}} (K_{C_V}' + K_{C_V}'' - 1), \quad (16)$$

$$C_{S_{ПОВ}} = C_{S_{ПР}} (K_{C_S}' + K_{C_S}'' - 1), \quad (17)$$

де K_G', K_G'' – коефіцієнти антропогенного впливу, які оцінюють відповідно вплив додаткового випаровування з водної поверхні штучних водойм, зрошування за рахунок водних ресурсів річки-донора на досліджуваний статистичний параметр.

Отримані результати показують (табл. 4), що надходження зворотних вод від зрошуваних масивів перекидає втрати на випаровування з водної поверхні і забезпечує стійкий стік навіть у маловодні роки.

Таблиця 3 – Статистичні параметри побутового стоку р. Барабой при наявності зрошування за рахунок річки-донора (Дністра) для відносної площі зрошуваних земель 0,14

$f_{3p}, \%$	Параметр ξ	Коефіцієнти антропогенного впливу			Статистичні параметри побутового стоку			Величини побутового річного стоку у роки різної забезпеченості					
		$K_{\bar{Y}}''$	K_{C_V}''	K_{C_S}''	$\bar{Y}_{ПОВ},$ мм	C_V	C_S	$Y_{1\%},$ мм	$Y_{5\%},$ мм	$Y_{25\%},$ мм	$Y_{50\%},$ мм	$Y_{75\%},$ мм	$Y_{95\%},$ мм
14	1,0	1,31	0,75	2,22	10	1,35	6,8	74	31	8	6	5,5	5
14	0,5	1,23	0,83	2,14	9	1,50	6,5	73	30	7	5	4,5	4,0
8	1,0	1,20	0,86	1,18	9	1,55	3,6	68	36	10	3	1,25	1,24
8	0,5	1,11	0,94	1,11	8	1,69	3,4	65	32	9	2,9	0,93	0,71

Таблиця 4 – Статистичні параметри побутового стоку р. Барабой при наявності зрошування за рахунок річки-донора Дністра ($\xi = 0,5$) та втрат на додаткове випаровування з водної поверхні ($f_B = 0,5\%$)

ξ	$f_{3P}, \%$	Сумарні коефіцієнти антропогенного впливу			Статистичні параметри побутового стоку			Величини побутового річного стоку у роки різної забезпеченості					
		$K_{\bar{Y}}$	K_{Cv}	K_{Cs}	$\bar{Y}_{ПОВ},$ мм	C_V	C_S	$Y_{1\%},$ мм	$Y_{5\%},$ мм	$Y_{25\%},$ мм	$Y_{50\%},$ мм	$Y_{75\%},$ мм	$Y_{95\%},$ мм
0.5	14	1,14	0,90	2,2	9	1,62	6,7	78	31	7	4,2	4,1	4,0
1.0	8	1,11	0,93	1,24	8	1,67	3,8	61	41	8	3	1,5	1,47

6. ВИСНОВКИ

В результаті використання моделі «клімат-стік» встановлено, що зворотні води, які надходять із сільськогосподарських земель, зрошуваних за рахунок вод річки-донора (Дністра), здатні суттєво збільшити стік річки Барабой у гирлі (на 10-30 % за багаторічний період в залежності від масштабів водогосподарських перетворень), перевищуючи втрати стоку на випаровування з водної поверхні штучних водойм. Приплив зворотних вод забезпечує стабільний стік у маловодні роки. Однак покращення кількісних характеристик стоку може супроводжуватися погіршенням якості вод. Зрозуміло, що зворотні води з сільськогосподарських масивів можуть суттєво вплинути на якість ґрунтових та напірних вод водозбору, які є дуже важливими для населення, оскільки у нижній течії для питного водопостачання широко використовуються артезіанські води сарматського водоносного горизонту. Тому наступним етапом досліджень є встановлення якості підземних вод на водозборі р. Барабой в умовах донорського зрошування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Швебс Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України: навч.-довідков. посіб. Одеса: Астропринт, 2003. 390 с.
- Природа Одесской области. Ресурсы, их рациональное использование и охрана / под. ред. Г. И. Швебса. Киев: Вища школа, 1979. 144 с.
- Одеський регіон: передумови формування, структура та територіальна організація господарства: навч. посіб. / за ред. О. Г. Топчієва. Одеса: Астропринт, 2012. 336 с.
- Loboda, N., Bozhok, Yu. (2015). Impact of Climate Change on Water Resources of North-Western Black Sea Region. *International Journal of Research in Earth and Environmental Sciences*, 02(9), 1-6.
- Лобода Н. С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: моногр. Одесса: Экология, 2005. 208 с.
- Онуфриенко Л. Г., Волошин И. И. Определение годового стока рек Украины и Молдовы. *Труды УкрНИИ Госкомгидромета*. 1986. Вып. 217. С. 3-20.
- Справочник по водным ресурсам / под ред. Б. И. Стрельца. Киев: Урожай, 1987. 304 с.
- Шерешевский А. И., Вишневский П. Ф. Норма и изменчивость годового стока рек Украины. *Гидробиологический журнал*. 1997. Т. 3. С. 81-91.
- Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / под. ред. А.В. Рождественского, А.Г. Лобанова. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 447 с.
- Паспорт реки Барабой / Госкомводхоз Украины. Одесса, 1992. 180 с.
- Коригування правил експлуатації водосховища комплексного призначення. Водогосподарський паспорт і правила експлуатації Барабойського водосховища в Біляївському районі Одеської області / РНЦВП «Фобіус». Одеса, 2010. 76 с.
- Правила эксплуатации Санжейского водохранилища. (Корректировка 2011) / Государственный комитет Украины по водному хозяйству; Государственный проектно-изыскательский институт «Укрюжгипроводхоз». Одесса, 2011. 66 с.
- Паламарчук М. М., Закорчевна Н. Б. Водний фонд України. Київ: Ніка-Центр, 2001. 392 с.
- Кулибабин А. Г. Экономический анализ современных проектов оптимизации водоподачи и водораспределения в орошении. Одесса: Консалтинг, 1997. 97 с.
- Гопченко Е. Д., Лобода Н. С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях): моногр. Киев: КНТ, 2005. 188 с.
- Лобода Н. С., Гопченко Е. Д. Стохастичні моделі у гідрологічних розрахунках: навч. посіб. Одеса: Екологія, 2006. 200 с.
- Лобода Н. С. Системный подход и функции отклика гидрологической системы на антропогенные воздействия при математическом моделировании бытового стока. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. 2004. Вип. 48. С. 416-424.
- Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилігульського лиману: кол. моногр. / за ред. Ю. С. Тучковенка, Н. С. Лободи. Одеса: ТЕС, 2014. 276 с.
- Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: моногр. / за ред. Н. С. Лободи, Е. Д. Гопченка. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с.
- CPD.01.05-2012. Определение гидрологических характеристик для условий республики Молдова. / Министерство строительного и регионального развития республики Молдова. Кишинев, 2012. 180 с.
- ДБН В.2.4. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик / Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК). Київ, 2014. 137 с.

REFERENCES

1. Shvebs, H.I., Igoshyn, M.I. (2003). *Kataloh richok i vodoim Ukrainy* [Catalog of rivers and reservoirs of Ukraine]. Odessa : Astroprint Publ. (in Ukr.)
2. Shvebs, G.I. (Ed.). (1979). *Priroda Odesskoy oblasti. Resursy, ikh ratsional'noe ispol'zovanie i okhrana* [The nature of the Odessa region. Resources, their rational use and protection]. Kiev : High School Publ. (in Russ.)
3. Topchiev, O.G. (2012). *Odeskyi rehion: peredumovy formuvannya, struktura ta terytorialna orhanizatsiia hospodarstva*. [Odessa region: preconditions for the formation, structure and territorial organization of the economy]. Odessa : Astroprint Publ. (in Ukr.)
4. Loboda, N., Bozhok, Yu. (2015). Impact of Climate Change on Water Resources of North-Western Black Sea Region. *International Journal of Research in Earth and Environmental Sciences*, 02(9), 1-6.
5. Loboda, N.S. (2005). *Raschety i obobshcheniya kharakteristik godovogo stoka rek Ukrainy v usloviyakh antropogenogo vliyaniya* [Calculations and generalizations of the characteristics of the annual runoff of the rivers of Ukraine under anthropogenic influence]. Odessa : Ecology Publ. (in Russ.)
6. Onufrienko, L.G., Voloshin, I.I. (1986). [Determination of the annual runoff of the rivers of Ukraine and Moldova]. *Trudy UkrNII Goskomgidrometa* [Proceedings of UkrSRI State Comitee of Hydrometeorological Survey], 217, 3-20. (in Russ.)
7. Strelets, B.Y. (1987). *Spravochnik po vodnym resursam* [Handbook on water resources]. Kiev : Harvest Publ. (in Russ.)
8. Shereshevskiy, A.I., Vishnevskiy, P.F. (1997). [Norm and variability of annual river runoff in Ukraine]. *Gidrobiologicheskii Zhurnal* [Hydrobiological Journal], 03, 81-91. (in Russ.)
9. Rozhdestvenskiy, A.V, Lobanov, A.G. (1984). (Eds). *Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Manual for the determination of calculated hydrological characteristics]. Leningrad : Gidrometeoizdat Publ. (in Russ.)
10. State Committee of Ukraine for Water Management. (1992). *Pasport reki Baraboy* [The passport of the river Baraboy]. Odessa. (in Russ.)
11. Regional Scientific Center for Water Policy «Phoebus». (2010). *Koryhuvannya pravyl ekspluatatsii vodoshkovyshcha kompleksnoho pryznachennia. Vodohospodarskyi pasport i pravyla ekspluatatsii Baraboiskoho vodoshkovyshcha v Biliavskomu raioni Odesskoi oblasti* [Adjustment of the rules of operation of the reservoir of the complex destination. The water managements passport and the rules of exploitation of the Baraboys reservoir in the Bilyavsky district of the Odessa region]. Odessa. (in Ukr.)
12. State Committee of Ukraine for Water Management & State Design and Research Institute «Ukryuzhgirovodkhoz». (2011). *Pravila ekspluatatsii Sanzheiskogo vodokhranilishcha (korrektirovka 2011)* [Rules for operating the Sanzheisky Reservoir (Correction 2011)]. Odessa. (in Russ.)
13. Palamarchuk, M.M., Zakorchevna, N.B. (2001). *Vodnyi fond Ukrainy* [Water Fund of Ukraine]. Kyiv : Nika-Centr Publ. (in Russ.)
14. Kulibabin, A.G. (1997). *Ekonomicheskii analiz sovremennykh proektov optimizatsii vodopodachi i vodoraspredeleniya v oroshenii* [Economic analysis of modern projects to optimize water supply and water distribution in irrigation]. Odessa : "Konsalting" Publ. (in Russ.)
15. Gopchenko, E.D., Loboda, N.S. (2005). *Vodnye resursy severo-zapadnogo Prichernomor'ya (v estestvennykh i narushennykh khozyaystvennoy deyatelnosti usloviyakh)* [The water resources of the north-western Black Sea coast (in natural and economic conditions violated by economic activity)]. Kiev : KNT Publ. (in Russ.)
16. Loboda, N.S., Gopchenko, E.D. (2006). *Stokhastychni modeli u hidrologichnykh rozrakhunkakh* [Stochastic models in hydrological calculations]. Odesa : Ecology Publ. (in Ukr.)
17. Loboda, N.S. (2004). [The system approach and the functions of the response of the hydrological system to anthropogenic influences in the mathematical modeling of domestic runoff]. *Meteorologhiya, klimatologhiya ta hidrologhiya* [Meteorology, climatology and hydrology], 48, 416-424. (in Russ.)
18. Tuchkovenko, Yu.S., Loboda, N.S. (Eds). (2014). *Vodni resursy ta hidroekologichnyi stan Tyligul'skoho lymanu* [Water resources and hydroecological state of Tiligulskiy Liman]. Odesa : TES Publ. (in Ukr.)
19. Loboda, N.S., Gopchenko, E.D. (Eds). (2016). *Vodnyi rezhym ta hidroekologichni kharakterystyky Kuyalnytskoho lymanu* [Water regime and hydroecological characteristics of Kuyalnitskyi Liman]. Odesa: TES Publ. (in Ukr.)
20. Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor Regional Republicii Moldova. (2012). *CPD.01.05-2012 : Opredelenie gidrologicheskikh kharakteristik dlya usloviy respubliki Moldova* [Determination of hydrological characteristics for the conditions of the Republic of Moldova]. Chișinău, Moldova. (in Russ.)
21. State Research Institute of Building Constructions (2014). *DBN V.2.4 : Vyznachennia rozrakhunkovykh hidrologichnykh kharakterystyk* [DBN V.2.4 : Determination of calculated hydrological characteristics]. Kyiv. (in Ukr.)

EVALUATION OF INFLUENCE OF IRRIGATION USING THE RESOURCES OF DONOR RIVER (THE DNIESTER) ON CHARACTERISTICS OF THE ANNUAL WATER RUNOFF OF THE BARABOY RIVER

N.S. Loboda, Dr Geogr. Sci.

Ya.S. Yarov

Odessa State Environmental University,
15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, slavikyarov82@gmail.com

The article assesses the characteristics of the annual runoff of the Baraboy River (the Odessa Region), which remains unexplored from the hydrological point of view, under natural conditions and those affected water-related activities, on the basis of the «climate-runoff» model.

The main factors of anthropogenic impact on the hydrological regime of the Baraboy River include a large number of artificial reservoirs and intensive irrigation of agricultural areas using the water resources of the Dniester River. The paper presents estimations of changes of the natural

runoff of the Baraboy River in the presence of artificial reservoirs and irrigation using the resources of the donor river (the Dniester). It is shown that, under natural conditions of runoff formation, the river would have to dry out during dry and extremely dry years. Additional evaporation from the surface of artificial reservoirs contributes to a decrease of the annual runoff. Following the use of the «climate-runoff» model it was established that waste waters entering the riverbed from agricultural lands irrigated using the water resources of the donor river (the Dniester) can substantially increase the actual runoff of the Baraboy River at its mouth (by 10-30% for a several years' period, depending on the scale of water management alterations). It is substantiated that the flow of return water, if different real areas of irrigation are taken into account, exceeds the loss of the runoff resulting from additional evaporation from the surface of artificial reservoirs. Donor irrigation provides stable parameters of river runoff during dry and extremely dry years. The disadvantage of donor irrigation is that it causes the effect of land flooding. The «climate-runoff» model allows optimization of the water management alterations ensuring the most efficient use of agricultural land, depending on the extent of its irrigation, its location within the basin, selection of main crops that need irrigation. Therefore, the next stage of research is evaluation of the quality of groundwater within the basin of the Baraboy river under conditions of donor irrigation.

Keywords: «climate-runoff» model, characteristics of natural and household annual runoff, artificial reservoirs, donor irrigation, return waters.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОРОШЕНИЯ ЗА СЧЕТ РЕКИ – ДОНОРА (ДНЕСТРА) НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОДОВОГО СТОКА РЕКИ БАРАБОЙ

Н. С. Лобода, д-р геогр. наук
Я. С. Яров

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, slavikyarov82@gmail.com*

В статье выполнена оценка характеристик годового стока неизученной с гидрологической точки зрения реки Барабой (Одесская область) в естественных и нарушенных водохозяйственной деятельностью условиях на базе модели «климат-сток».

Основными факторами антропогенного воздействия на гидрологический режим реки Барабой является большое количество искусственных водоемов и интенсивное орошение сельскохозяйственных массивов водами реки Днестр. Предоставлены оценки изменений естественного стока реки Барабой в условиях наличия искусственных водоемов и орошения за счет реки-донора (Днестра). Показано, что при естественных условиях формирования стока река должна была бы пересыхать в маловодные и очень маловодные годы. Дополнительное испарение с поверхности искусственных водоемов способствует уменьшению величин годового стока. В результате использования модели «климат-сток» установлено, что сбросные воды, поступающие в русло реки с сельскохозяйственных земель, орошаемых за счет вод реки-донора (Днестра), способны существенно увеличить фактический сток реки Барабой в устьевой области (на 10-30% за многолетний период, в зависимости от масштабов водохозяйственных преобразований). Обосновано, что поступление возвратных вод при различных реальных площадях орошения превышает потери стока на дополнительное испарение с поверхности искусственных водоемов. Донорское орошение обеспечивает стабильные величины речного стока в маловодные и очень маловодные годы. Недостатком донорского орошения является возникновение эффекта подтопления земель. Модель «климат-сток» позволяет выполнить оптимизацию водохозяйственных преобразований, обеспечивая наиболее эффективное использование сельскохозяйственных земель в зависимости от масштабов орошения, их расположения в пределах бассейна, выбора основных сельскохозяйственных культур, которые требуют орошения.

Ключевые слова: модель «климат-сток»; характеристики природного и бытового годового стока; искусственные водоемы; донорское орошение; возвратные воды.

*Подання до редакції : 17. 02. 2018
Надходження остаточної версії : 15. 05. 2018
Публікація статті : 29. 06. 2018*