

Hydrological support and maintenance] / Kerivnyj dokument. Kyiv: Ukrains'kyj hidrometeorolohichnyj tsentr, 2012. 120 s.

25. Albahari B., Drayton P., Merrill B. C# Essentials. 2nd Edition. O'Reilly, 2002. 202 p.

26. Bjelov Ju.A., Karnauh T.O., Koval' Ju.V., Stavrovs'kyj A.B. Vstup do programuvannja movoju S++. Organizacija obchyslen': navchal'nyj posibnyk. [Introduction to C++ programming. Organization of calculations: a study guide]. Kyi'v: Vydavnycho-poligrafichnyj centr "Kyiv's'kyj universytet", 2012. 175 s.

Automated "Ice-Autumn" system for long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs

Khrystiuk B.F.

Long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs is important, first of all, of practical importance, since on its basis is planned the work of hydropower, shipping, fisheries, utilities, etc. In the modern world, providing consumers of the predictive hydrological products is done with the help of various automated computer complexes and systems that have a convenient user interface. This approach has become widely used in Ukraine too. Thus, the Ukrainian Hydrometeorological Center uses the automated forecasting and modeling complexes that allow short- and long-term forecasting of streamflow during floods on the rivers of Ukraine. Along with this, the automated system for forecasting the appearance timing of ice regime of rivers and reservoirs of Ukraine was created only for short-term forecasting.

The main objective of this research is to create an automated system for long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs for its further use in the operational practice of the Ukrainian Hydrological Center.

The software of the automated system "Ice-Autumn" for long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at the Dnipro Cascade reservoirs is written in the C# and C++ programming languages in the Visual Studio 2022 Community Edition frame in the form of Windows forms and console applications. The basis of the system "Ice-Autumn" is predictive dependencies, which were determined by finding the best correlation or regression relationships between dates at indicator gauges and teleconnection indicators, as well as between dates at indicator posts and dates at other gauges of reservoirs. Forecasts can be carried out once a year, namely on October 20 for the appearance dates of ice phenomena and November 1 for the appearance dates of freeze-up. The automated system "Ice-Autumn" allows to carried out the long-term forecasting of appearance dates of ice phenomena and freeze-up at 36 water gauges at the Dnipro Cascade reservoirs. Testing of the "Ice-Autumn" system showed its efficiency and, accordingly, the possibility of its use in the operational work of the Ukrainian Hydrometeorological Center. Instructions for installing the "Ice-Autumn" system on a personal computer and a user manual were developed.

Keywords: ice phenomena, freeze-up, software, Dnipro reservoirs, long-term forecasting.

Надійшла до редколегії 07.11.2023

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.4.4>

УДК 502/504:556.53(477.83/.84)

Кузик І.Р., Таранова Н.Б.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

ОЦІНКА ЗАРЕГУЛЬОВАНOSTІ СТОКУ РІЧКИ СЕРЕТ

Мета дослідження – оцінити зарегульованість стоку річки Серет та визначити обсяги замуленості водосховищ в її руслі. Річка Серет – ліва притока Дністра, довжиною 242 км та площею басейну 390 км². На річці Серет створено 8 водосховищ, загальною площею водного плеса 21 км² та повним об'ємом 57,5 млн. м³. Річка Серет є однією із найбільш зарегульованих річок Західного Поділля. За результатами проведених розрахунків встановлено, що коефіцієнт зарегульованості стоку річки Серет становить 0,17; ступінь зарегульованості стоку – 0,25. Виявлено, що впродовж року річкою транспортується близько 57 тис. т наносів. За розрахунковий період експлуатації (40 років) у водосховищах річки Серет накопичується 3 млн. м³ наносів. Замуленість Тернопільського водосховища становить 3,5%, Вертелівських – 5%, Заложцівського – 10% і Верхньоівачівського – 58%, Більче-Золотецького – 65%, Скородинського – 75%. На основні одержаних результатів, можна зробити висновок, що річка Серет зазнає значного антропогенного навантаження, існують ризики деградації водотоку та зменшення енергетичного потенціалу водосховищ середньої і нижньої течії річки.

Ключові слова: річка Серет; водосховища; зарегульованість стоку; річкові наноси; замуленість.

Вступ. Сучасні тенденції глобальних і регіональних кліматичних змін безпосередньо впливають на водність річок. Особливо чутливими до зміни кліматичних параметрів є малі

та середні річки. Попри природні фактори впливу на гідрологічний режим водотоків, значну роль відіграють ще антропогенні чинники. Антропогенне навантаження на річки в основному проявляються у господарській освоєності їх басейнів та зарегульованості стоку. Якщо лісистість, розораність, заболоченість та урбанізованість – це фактори впливу на поверхневий стік басейну річки, то наявність ставків і водосховищ у руслі річки – це безпосередній вплив на русловий стік водотоку. Сукупність цих параметрів визначають геоекологічний стан річки та ступінь антропогенної трансформації її басейну.

Західне Поділля, в межах якого протікає р. Серет, характеризується високою господарською освоєністю території (розораність 62%, лісистість – 14,6%) [1] та великою кількістю штучних водойм. У Тернопільській області нараховується близько 26 водосховищ та понад 480 ставків. Загальна площа водного плеса водосховищ області складає 3580 га, а корисний об'єм 69 млн. м³ [2]. Найбільш зарегульованою в області є річка Серет, на якій розміщено 8 водосховищ, загальною площею водного плеса 2100 га [3]. При цьому, що у верхів'ї річки розташовано 5 водосховищ із повним об'ємом близько 33 млн. м³ [3]. Актуальність нашого дослідження обумовлена, насамперед, тим що подібні дослідження для річок Тернопільщини ще не проводились. А оцінка зарегульованості стоку основних водних артерій області допоможе в майбутньому уникнути екологічних проблем пов'язаних із зниженням рівня води у річках та евтрофікацією водойм.

Мета дослідження – оцінити зарегульованість стоку річки Серет та визначити обсяги замуленості водосховищ в її руслі.

Аналіз виконаних раніше досліджень. Проблематика зарегульованості стоку річок в сучасних наукових дослідження вивчається в контексті оцінки геоекологічного стану річкових систем [4, 5], антропогенного навантаження басейнових систем [6] та визначення окремих гідрологічних параметрів водотоків [7]. Методика та результати визначення коефіцієнта зарегульованості стоку річок Приазов'я, Криму, Причорномор'я представлені у дослідженні Хільчевського В.К., Гребіня В.В. [2]. Колектив цих науковців також досліджував регіональні та басейнові особливості поширення малих і великих водосховищ [8]. Розподіл ставків та водосховищ у розрізі районів річкових басейнів у своїх публікаціях висвітлював Хільчевський В.К. [9, 10]. У розрізі адміністративних областей просторовий розподіл озер та штучних водойм досліджував Ільїн Л.В. [11].

Геоекологічні дослідження річки Серет проводила Стецько Н.П. [12], геолого-геоморфологічні особливості басейну річки вивчала Костюк О. [13], вміст важких металів та гідрохімічні показники річки проаналізовано у публікації Гуменюк Г.Б., Страшнюк Д.В., Дробик Н.М. [14]. Вплив об'єктів малої гідроенергетики на якість води у річці Серет вивчали Пилипович О., Морозовська У. [15]. У 2017 році, в рамках міжнародного проекту «Громадська діяльність для ідеального навколишнього середовища в Західній Україні» [16], проводилися дослідження якості води у верхній течії річки Серет. Студенти і викладачі ТНПУ ім. В. Гнатюка спільно зі студентами Брауншвайзького технічного університету (Німеччина) дослідили вплив Малашівського сміттєзвалища на якість води у р. Серет. За результатами проведених лабораторних досліджень п'яти відібраних проб води, встановлено високий вміст нітратів, мінеральних та органічних речовин у річці.

Матеріали та методи дослідження. Матеріалами для написання статті послужили статистичні відомості Регіонального офісу водних ресурсів у Тернопільській області, паспорт річки Серет та наукові дані монографій [1, 3] і фахових статей [8, 12]. Теоретико-методологічною основою дослідження є фундаментальні положення гідрології, гідрографії, антропогенної гідрології, водно-балансових досліджень та розрахунків. У ході проведеного дослідження використано як загальнонаукові методи: систематизація та узагальнення, збір та первинна обробка інформації, статистичний, математичний; так і спеціальні методи: картографічний, розрахунково-конструктивний, оцінювання, системно-структурний, метод взаємозв'язків та взаємозалежностей тощо.

Коефіцієнт зарегулювання стоку річки штучними водоймами (k) визначали за формулою:

$$k = W_1 / W_2 \quad (1)$$

де, W_1 – це об'єм штучних водойм, млн. м³; W_2 – об'єм стоку річки млн. м³ [2].

Замулення водосховища, враховуючи середню багаторічну величину мутності річкового потоку та норму річного стоку, в середній за водністю рік визначається за формулою:

$$P_0 = p_0 \times Q_0 \times t \quad (2)$$

де, P_0 – вага завислих наносів, що транспортується річкою впродовж року, в тонах; p_0 – середня багаторічна мутність річкового потоку, $г/м^3$; Q_0 – норма річного стоку, $м^3/с$; t – час, кількість секунд в році ($31,56 \times 10^6$) [17].

Частина завислих наносів проходять транзитом через водосховище і тому вона не приймає участі в замуленні водосховища. Їхня частка, яка в основному залежить від механічного складу і ступеню зарегульованості стоку визначається за формулою:

$$\delta = \varphi \times (1 - \alpha) \quad (3)$$

де, φ - коефіцієнт крупності наносів, що враховує їх механічний склад, становить: для піщаних ґрунтів – 0,1; для лесопобічних і легкосуглибистих – 0,3; для важкосуглинистих і глинистих – 0,4 [18, с. 11], α – коефіцієнт зарегульованості стоку водосховищем, визначається за формулою:

$$\alpha = 1,3 \times q_{\text{нетто}} / Q_0 \quad (4)$$

де, $q_{\text{нетто}}$ – корисне споживання, $м^3/с$; 1,3 – коефіцієнт, який наближено враховує втрати на випаровування і фільтрацію при експлуатації водосховища [18, с. 11].

Окрім завислих наносів у водосховищі відкладаються і донні наноси. Їх враховують наближено як частину від кількості завислих наносів (для рівнинних річок $m = 0,001 - 0,1$; для гірських річок $m = 0,1 - 1,0$). Отже, вага наносів, які відкладаються у водосховищі за рік його експлуатації становить:

$$P = (P_0 - \delta \times P_0) + (m \times P_0) = P_0 \times (1 - \delta + m) \quad (5)$$

Окрім мінеральних відкладів, у водосховищах відкладаються і органічні речовини, котрі утворюються внаслідок відмирання водних рослин і тваринних організмів [17]. Кількість органічних відкладів (e) приймається в залежності від ступеню розвитку водної рослинності (при інтенсивному розвитку водної рослинності – 0,20-0,15; при середній інтенсивності – 0,15-0,10; при слабій інтенсивності – 0,10-0,05) [18, с. 11].

З врахуванням органічних відкладів, вага наносів, що відкладалась у водосховищі за рік його експлуатації, становитиме:

$$P = (1 - \delta + m) \times (1 + e) \times P_0 \quad (6)$$

Об'єм замулення водосховища (W_H) за розрахунковий період експлуатації становить:

$$W_H = \frac{(1 - \delta + m) \times (1 + e) \times P_0}{\gamma} T \quad (7)$$

де, T – розрахунковий період роботи водосховища, у роках, γ - об'ємна вага наносів, $т/м^3$ [18, с. 12].

Об'ємна вага наносів визначається за емпіричною формулою Н.Й. Дрозда:

$$\gamma = A/e + CT + B \quad (8)$$

де, e – це частка органічних відкладів у відсотках; A, B, C – коефіцієнти, що залежать від характеру ґрунтів прилягаючої до водосховища водозбірної площі річки, визначаються за даними таблиці 1 [18, с. 12]

Таблиця 1. Параметри для розрахунку об'ємної ваги наносів водосховища [18]

Ґрунти	А	В	С
Піщані	2,30	0,25	0,02
Глинисті	2,25	0,35	0,04
Пилуваті	2,00	0,45	0,07

У замуленні водосховища беруть також участь наноси, що утворюються внаслідок перероблення і розмивання берегів в процесі експлуатації водосховища. Об'єм цих наносів може досягати від 10 до 40% розрахованого об'єму наносів [18, с. 12].

Кінцевий об'єм наносів, що акумулюється у водосховищі, розраховується за формулою:

$$W_H = W_H + \Delta W_H \quad (9)$$

де, ΔW_H – об'єм наносів, що утворюються внаслідок розмивання берегів водосховища (20-40% від W_H) [18, с. 12].

Виклад основного матеріалу.

1. Загальна характеристика річки Серет та водосховищ. Річка Серет – ліва притока Дністра, протікає в межах Тернопільської області. Бере початок із джерела поблизу с. Нище Тернопільського району на висоті 368 м і тече в межах Подільської височини. Річка утворюється із злиття кількох потоків (Серет Правий, Серет Лівий, Вятима, Граберка) біля с. Ратищі. Довжина річки – 242 км, площа басейну 3900 км² (табл. 2), що становить майже 1/3 площі області. Витоки Серету та верхня його течія до міста Тернопіль мають широкі, симетричні заболочені долини (ширина долини річки становить 0,5-0,8 км, ширина заплави 0,1-0,2 км, глибина – 15-18 м). За містом Тернопіль долина Серету звужується (на окремих ділянках її ширина 0,1-0,2 км), а нижче села Буцнів стає дуже звивистою, з крутими схилами, переважно залісненими. Похил річки становить 0,9 м/км, що зумовлює повільну течію 0,3-0,5 м/с, на перекатах – до 2 м/с [3, с. 165].

Таблиця 2. Основні гідрометричні характеристики річки Серет [3, с. 162]

Назва річки	Довжина, км	Загальне падіння, м	Середній нахил, %	Щільність річкової мережі басейну, км ² /км	Площа басейну, км ²
Серет	242	230	0,9	0,44	3900

Водний режим р. Серет визначається живленням річки, в якому переважають снігові талі води. Весняна повінь починається на початку березня і триває в середньому місяць. Найбільші витрати води припадають на весну і коливаються за довжиною річки від 54 м³/с до 313 м³/с. Мінімальні рівні спостерігаються у літню межень. Термічний режим річки характеризується тим, що впродовж року температури води досить високі, особливо взимку (+2...+3°C). Це пов'язано з виходом більш теплих підземних вод, які живлять річку. Каламутність води в середньому 100-200 г/м³, під час повеней та паводків підвищується до 500-600 г/м³ і більше. Під час межені вода річки тверда і має порівняно значну мінералізацію – 350-550 мг/дм³ [1, с. 226].

Річка Серет використовується для промислового водопостачання, гідроенергетики та риборозведення. На річці Серет функціонує 8 малих ГЕС, загальною потужністю 21,57 МВт (табл. 3). Усі МГЕС – руслового типу. Найбільшою за потужністю є Касперівська МГЕС – 9,38 МВт [15].

Таблиця 3. Перелік малих ГЕС, що функціонують на річці Серет

№ з/п	Назва МГЕС	Потужність, МВт	Місце розташування	Рік введення в експлуатацію
1	Західгідроенерго	0,18	с. Горішній Івачів	2021
2	Люкс-2	0,08	с. Мишковичі	2019
3	Янівська	0,66	с. Долина	2012
4	Чортківська	0,2	м. Чортків	2018
5	Більче-Золотецька	0,63	с. Більче-Золоте	2009
6	Більче-Золотецька №2	1,44	с. Більче-Золоте	2014
7	Скородинська	9,0	с. Скородинці	1958
8	Касперівська	9,38	с. Касперівці	1963

Як уже зазначалося вище, на річці Серет побудовано 8 водосховищ (табл. 4) загальною площею водного плеса 2100 га та повним об'ємом 57,4 млн. м³ (рис. 1).

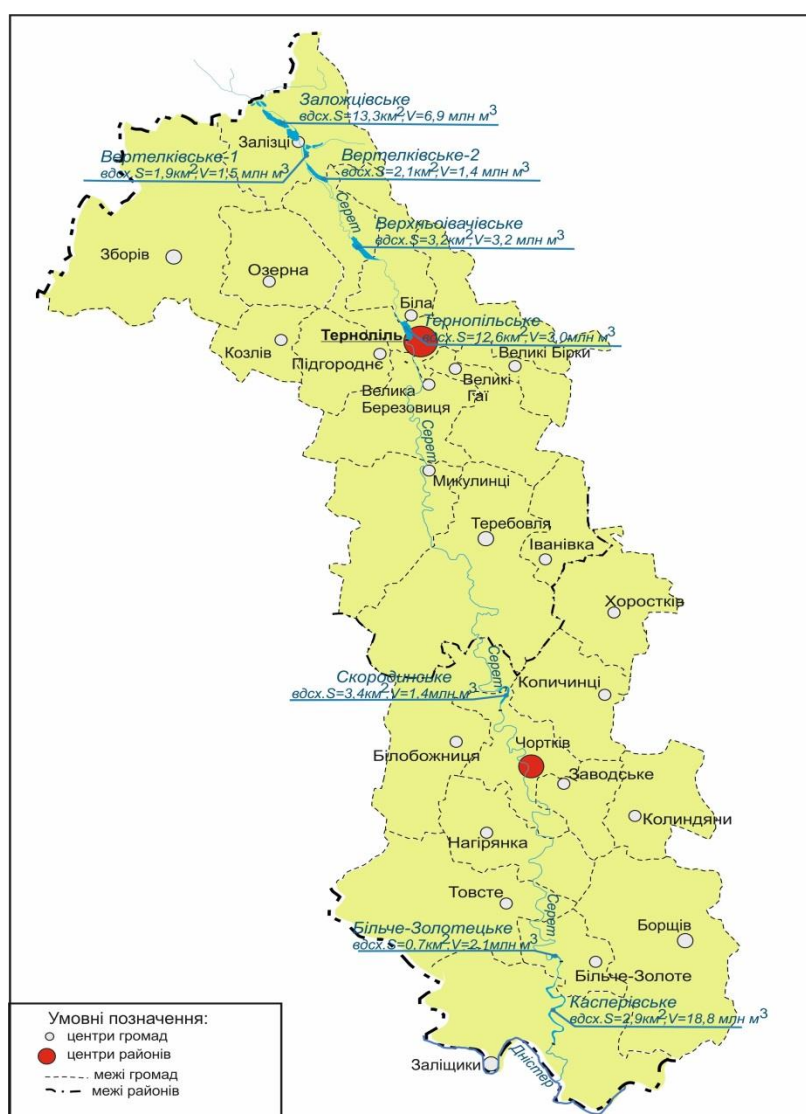


Рис. 1. Водосховища в руслі річки Серет

У басейні річки Серет знаходиться 30% усіх водосховищ Тернопільщини, що становить 72% об'єму та 58,5% площі усіх водосховищ області. Найбільшими на річці

Серет є водосховища, у верхній течії – Заложцівське (690 га), Верхньоівачівське (320 га), Тернопільське (300 га), у середній течії – Скородинське (280 га), у нижній течії – Касперівське (290 га) [7].

Таблиця 4. Гідрометричні параметри водосховищ на річці Серет

Назва водосховища	Обсяг водосховища, млн. м ³		Площа дзеркала при НПР, км ²	Глибина, м		Ширина, м	Довжина, м	НПР, м	Середній багаторічний стік, млн. м ³	Тип / цільове призначення
	повний	корисний		Максим.	Серед.					
Більче-Золотецьке	2,1	0,1	0,7	6,0	3,0	2,0	4,0	170,0	466,6	русл. / енергет.
Вертелівське-1	1,9	1,9	1,5	2,5	1,5	1,0	2,0	313,5	88,4	запл. / компл.
Вертелівське-2	2,1	2,1	1,4	2,7	1,5	1,0	2,0	314,0	88,4	запл. / компл.
Верхньо-івачівське	3,2	1,9	3,2	3,5	1,0	0,8	8,0	308,0	112,7	русл. / рекреац.
Заложцівське	13,3	12,6	6,9	2,9	2,0	1,0	1,2	318,0	58,3	запл. / компл.
Касперівське	18,8	17,7	2,9	14,0	7,0	1,0	14,0	164,0	363,6	русл. / енергет.
Скородинське	3,4	2,8	1,4	9,0	2,5	0,8	8,0	97,0	327,0	русл. / енергет.
Тернопільське	12,6	6,6	3,0	12,0	4,0	1,0	3,6	303,5	147,0	русл. / компл.

Таким чином у басейні річки Серет створено п'ять руслових і три заплавних водосховища. За цільовим призначенням Більче-Золотецьке, Касперівське та Скородинське водосховища є енергетичними, Верхньоівачівське – рекреаційне. До комплексних відноситься Тернопільське, Заложцівське та Вертелівські водосховища.

2. Розрахунок замуленості водосховищ у руслі річки Серет. На основі вище проведеного аналізу, встановлено, що повний об'єм водосховищ річки Серет становить 57,4 млн. м³. Враховуючи те, що середні багаторічні витрати води у досліджуваній річці становлять 12,1 м³/с, то об'єм стоку р. Серет становитиме 382 млн. м³. Відповідно, за формулою 1, коефіцієнт зарегульованості стоку річки Серет становить: $k = 57,4 / 382 = 0,15$.

Для визначення об'єму замулення водосховищ р. Серет необхідно знати середню багаторічну величину мутності річкового потоку, який становить 100-200 г/м³ та норму річкового стоку, для Серету – 12,1 м³/с [3]. Відповідно, за формулою 2 розрахуємо вагу завислих наносів, що транспортується річкою Серет впродовж року:

$$P_0 = 150 \times 12,1 \times 31,56 \times 10^6 = 57281 \text{ т.}$$

Для визначення ступеня зарегульованості стоку річки (формула 4), необхідно спочатку розрахувати коефіцієнт зарегульованості стоку, якщо корисне споживання за рік при сезонному регулюванні стоку становить $q_{\text{нормо}} = 1,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

$$\alpha = 1,3 \times 1,6 / 12,1 = 0,17$$

Враховуючи те, що переважаючими типами ґрунтів у басейні річки Серет є лесоподібні і легкосуглинисті ґрунти [3], то коефіцієнт крупності наносів приймаємо 0,30. Звідси, за формулою 3, ступень зарегульованості стоку річки Серет становить:

$$\delta = 0,3 \times (1 - 0,17) = 0,25$$

Беручи до уваги, що в долині річки Серет переважають глинисті ґрунти, об'ємну вагу наносів, яка транспортується річкою, визначаємо за формулою 8 і даними таблиці 1:

$$\gamma = 2,25/15 + 0,04 \times 40 + 0,35 = 0,79 \text{ т/м}^3$$

Відповідно, виходячи із вище розрахованих параметрів, об'єм наносів, що акумулюється у водосховищі, обчислюємо за формулою 7:

$$W_n = ((1 - 0,25 + 0,01) \times (1 + 0,15) \times 57281 / 0,79) \times 40 = 2,5 \times 10^6 \text{ м}^3$$

Кінцевий об'єм наносів, що акумулюється у водосховищах р. Серет, із урахуванням наносів внаслідок перероблення і розмивання берегів (20%) становитиме:

$$W = 2,5 \times 10^6 + 0,2 \times 2,5 \times 10^6 = 3\,000\,000 \text{ м}^3.$$

Таким чином, у водосховищах вздовж річки Серет, за 40 років закумулювалось близько 3 млн. м³ наносів, що свідчить про високий рівень замуленості водосховищ. В середньому замуленість Тернопільського водосховища становить 3,5%, Вертелівських – 5%, Заложцівського – 10%, Верхньоівачівського – 58%, Більче-Золотецького – 65%, Скородинського – 75% [3].

Висновки. Отож, в ході проведеного дослідження оцінки зарегульованості стоку річки Серет, встановлено, що вага завислих наносів, що транспортується річкою у середній за водністю рік становить 57281 т; коефіцієнт зарегульованості стоку річки – 0,17, ступінь зарегульованості стоку – 0,25. Об'ємна вага наносів у р. Серет складає 0,79 т/м³. На основі одержаних даних, нами розраховано, об'єм замулення водосховищ річки Серет, за розрахунковий період їх експлуатації (40 років), який становить 3 млн. м³ наносів. З чого можемо зробити висновок, що в умовах високого антропогенного навантаження, незадовільного екологічного стану та порушення гідрохімічних показників, водосховища річки Серет мають тенденцію до забруднення і замулення, а згодом до пересихання та зникнення. Тому виникає необхідність розроблення науково обґрунтованих заходів для оптимізації природокористування та ренатуралізації басейну і долини річки Серет.

Список літератури

1. Географія Тернопільської області. Т.1. Природні умови та ресурси. За ред. проф. Сивого М.Я. Тернопіль: Крок, 2017. 504 с.
2. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Сучасна гідрографічна характеристика ставків в Україні – регіональні басейнові аспекти. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2020. №3 (58). С. 20-30.
3. Природні умови та ресурси Тернопільщини. За заг. ред. М.Я. Сивого, Л.П. Царика. Тернопіль: ТзОВ: «Терно-граф», 2011. 512 с.
4. Царик П., Вітенко І. Геоекологічна ситуація долини річки Гнізна. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2007. №1. С. 191-197.
5. Царик Л., Буртак О., Царик В. Геоекологічна ситуація у басейні річки Нічлава. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2018. №2. С. 147-153.
6. Царик П., Вітенко І., Царик В. Річково-басейнові системи малих річок Західного Поділля в умовах антропогенних навантажень: порівняльний аналіз. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2022. №2. С. 129-137. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.2.17>
7. Кузик І.Р. Оцінка зарегульованості стоку окремих річок Західного Поділля. Матеріали звітної наукової конференції викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів кафедри геоекології та методики навчання екологічних дисциплін та НДП «Моделювання еколого-географічних систем». Тернопіль: Редакційно-видавничий відділ ТНПУ, 2023. С. 26-31.
8. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Великі і малі водосховища України: регіональні та басейнові особливості поширення. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2021. №2 (60). С. 6-17. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.1>
9. Хільчевський В.К. Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2021. №1 (59). С. 17-27. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.2>
10. Гребінь В.В., Хільчевський В.К., Сташук В.А., Чунар'єв О.В., Ярошевич О.Є. Водний фонд України. Штучні водойми. Водосховища і ставки. За ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня К.: Інтерпрес, 2014. 163 с.

11. *Ільїн Л.В.* Озера та штучні водойми України: просторова диференціація та ресурси. Український географічний журнал. 2011. №3. С. 27-32.
12. *Стецько Н.П.* Геоекологічні дослідження верхньої течії річки Серет. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2018. №2. С. 180-185.
13. *Костюк О.* Геолого-геоморфологічні особливості басейну річки Серет. Вісник Київського національного університету ім. Т.Шевченка. Серія: Географія. 2013. №1(61). С. 61-63.
14. *Гуменюк Г.Б., Страшнюк Д.В., Дробик Н.М.* Вміст важких металів і характеристика гідрохімічних показників у воді річки Серет поблизу Малашівського сміттєзвалища. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: біологія. 2015. №1(62). С. 84-88.
15. *Пилипович О., Морозовська У.* Вплив об'єктів малої гідроенергетики на якість води у річці Серет (лівої притоки Дністра). Географічна освіта і наука: виклики і поступ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 140-річчю географії у Львівському університеті (м. Львів, 18–20 травня 2023 р.). Відповідальні редактори: В. Біланюк, Є. Іванов. У 3-ох томах. Львів: Простір-М, 2023. Том 3. С. 118-122.
16. *Чеболда І., Каплун І., Кузик І.* Українсько-німецький проект «Громадська діяльність для ідеального навколишнього середовища в Західній Україні. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2017. №2 (випуск 43). С. 190-196.
17. *Сливка П.Д., Новосад Я.О., Будз О.П.* Гідрологія та регулювання стоку: навчальний посібник. Рівне: УДУВГП, 2003. 288 с.
18. Методичні вказівки до виконання водогосподарських розрахунків в курсових та розрахунково-графічних роботах з дисциплін «Гідрологія», «Інженерна гідрологія» та «Гідрологія і гідрометрія» для студентів усіх спеціальностей НУВГП денної та заочної форми навчання. За заг. ред. Сливки П.Д., Гопчака І.В. Рівне: НУВГП, 2009. 50 с.
19. *Кузик І., Блотний Ю.* Замуленість Тернопільського водосховища: геоекологічний та геохімічний аспекти. Охорона довкілля: зб. наук. статей XVIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 105-109.
20. *Царик В.Л., Царик Л.П., Позняк І.Б.* Екологічна небезпека зарегульованих водойм (на матеріалах Тернопільського ставу). Наукові записки ТНПУ Серія: Геог. 2017. №2. С. 140-144.

References

1. Geografija Ternopil's'koї oblasti. T.1. Prirodni umovi ta resursi [Geography of the Ternopil region. T.1. Natural conditions and resources]. Za red. prof. Sivogo M. Ternopil': Krok, 2017. 504 s.
2. *Khilchevskiy V.K., Grebin V.V.* Suchasna gidrografichna charakteristika stavkiv v Ukraїni – regional'ni basejnovi aspekti. [Modern hydrographic characteristics of ponds in Ukraine - regional basin aspects]. Hidrolohiiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiiia. 2020. №3 (58). S. 20-30.
3. Prirodni umovi ta resursi Ternopil'shchini. [Natural conditions and resources of Ternopil region]. Za zagal'noju redakcieju M. Ja. Sivogo, L. P. Carika. Ternopil': «Terno-graf», 2011. 512 s.
4. *Tsaryk L., Vitenko I.* Geoekologichna situacija dolini richki Gnizna. [Geoecological situation of the Hnizna River Valley]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geog. 2007. №1. S. 191-197.
5. *Tsaryk L., Burtak O., Tsaryk V.* Geoekologichna situacija u basejni richki Nichlava. [Geoenvironmental situation in the Nichlava River basin]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2018. №2. S. 147-153.
6. *Tsaryk P., Vitenko I., Tsaryk V.* Richkovo-basejnovi sistemi malih richok Zahidnogo Podillja v umovah antropogennih navantazhen': porivnjal'nij analiz. [River-basin systems of small rivers of the Western Podillja in the conditions of anthropogenic loads: a comparative analysis]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2022. №2. S. 129-137.
7. *Kuzyk I.R.* Ocinka zaregul'ovanosti stoku okremih richok Zahidnogo Podillja. [Assessment of flow regulation in selected rivers of Western Podillja]. Materiali zvitnoї naukovoї konferencii vikladachiv, aspirantiv, magistrantiv, studentiv kafedri geoekologii ta metodiki navchannja ekologichnih disciplin ta NDL «Modeljuvannja ekologo-geografichnih sistem». Ternopil': Redakcijnno-vidavnicnij viddil TNPU, 2023. S. 26-31.
8. *Khilchevskiy V.K., Grebin V.V.* Veliki i mali vodoshovishha Ukraїni: regional'ni ta basejnovi osoblivosti poshirennja. [Large and small reservoirs of Ukraine: regional and basin distribution features]. Hidrolohiiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiiia. 2021. №2 (60). S. 6-17. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.2.1>
9. *Khilchevskiy V.K.* Suchasna kharakterystyka poverkhnevyykh vodnykh ob'ektiv Ukraїny: vodotoky ta vodoimy. [Modern characteristics of water bodies in Ukraine: watercourses and reservoirs]. Hidrolohiiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiiia. 2021. №1 (59). S. 6-17. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.2>
10. *Grebin V.V., Khilchevskiy V.K., Stashuk V.A., Chunarov O.V., Yaroshevych O.I.* Vodnyi fond Ukraїny. Shtuchni vodoimy. Vodoshovishcha i stavky. [Water Fund of Ukraine. Artificial reservoirs. Reservoirs and ponds]. Za redaktsiieju V.K. Khilchevskoho, V.V. Grebenia K.: Interpres, 2014. 163 s.

11. Ilyin L.V. Ozera ta shtuchni vodoimy Ukrainy: prostorova dyferentsiatsiia ta resursy. [Lakes and artificial water bodies of Ukraine: spatial distribution and resources]. Ukrainskyi geohrafichniy zhurnal. 2011. №3. S. 27-32.

12. Stetsko N.P. Heoekolohichni doslidzhennia verkhnoi techii richky Seret. [Geoenvironmental studies of the upper reaches of the Seret River]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2018. №2. S. 180-185.

13. Kostyuk O. Heoloho-heomorfolohichni osoblyvosti baseinu richky Seret. [Geological-geomorphological peculiarities in the Seret River basin]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Serija: Geografija. 2013. №1(61). S. 61-63.

14. Humeniuk H.B., Strashniuk D.V., Drobyk N.M. Vmist vazhkykh metaliv i kharakterystyka hidrokhimichnykh pokaznykiv u vodi richky Seret poblyzu Malashivskoho smittiezvalyshcha. [Heavy metal content and hydrochemical indicators characteristic of the Seret River water near Malashivtsi landfill]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Biolohiia. 2015. №1(62). S. 84-88.

15. Pylypovych O., Morozovska U. Vplyv obektiv maloi hidroenerhetyky na yakist vody u richtsi Seret (livoi prytky Dnistra). [Influence of small hydro power facilities on water quality in the Seret River (left tributaries of the Dniester)]. Heohrafichna osvita i nauka: vyklyky i postup: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoj 140-richchiiu heohrafii u Lvivskomu universyteti (m. Lviv, 18-20 travnia 2023 r.). Vidpovidalni redaktory: V. Bilaniuk, Ye. Ivanov. U 3-okh tomakh. Lviv: Prostir-M, 2023. Tom 3. S. 118-122.

16. Chebolda I., Kaplun I., Kuzyk I. Ukrainsko-nimetskyi proekt «Hromadska diialnist dlia idealnoho navkolyshnoho seredovyscha v Zakhidnii Ukraini». [The Ukrainian-German project «The civil activity for healthy environment the Western Ukraine»]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2017. №2 (43). S. 190-196.

17. Slyvka P.D., Novosad Ya.O., Budz O.P. Hidrolohiia ta rehuliuвання stoku [Hydrology and flow regulation]: navchalnyi posibnyk. Rivne: UDUVHP, 2003. 288 s.

18. Metodychni vkazivky do vykonannia vodohospodarskykh rozrakhunkiv v kursovykh ta rozrakhunkovo-hrafichnykh robotakh z dystsyplin «Hidrolohiia», «Inzhenerna hidrolohiia» ta «Hidrolohiia i hidrometriia» [Methodical instructions for performing water management calculations in course and graphic works in the disciplines «Hydrology», «Engineering Hydrology» and «Hydrology and Hydrometry»] dlia studentiv usikh spetsialnostei NUVHP dennoi ta zaochnoi formy navchannia. Za zahalnoi redaktsiieiu Slyvky P.D., Hopchaka I.V. Rivne: NUVHP, 2009. 50 s.

19. Kuzyk I., Blotnyi Yu. Zamulenist Ternopilskoho vodoskhovyscha: heoekolohichni ta heokhimichni aspekty. [Siltation of the Ternopil reservoir: geocological and geochemical aspects]. Okhorona dovkillia: zbirnyk naukovykh statei XVIII Vseukrainskykh naukovykh Taliivskykh chytan. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina, 2022. S. 105-109.

20. Tsaryk V.L., Tsaryk L.P., Pozniak I.B. Ekolohichna nebezpeka zarehulovanykh vodoim (na materialakh Ternopilskoho stavu). [Ecological danger of regulated water (on the materials of the Ternopil pond)]. Naukovi zapiski TNPU im. V. Gnatjuka. Serija: Geografija. 2017. № 2. S. 140-144.

Assessment of the regulated flow of the Seret River

Kuzyk I. R., Taranova N.B.

The Seret River is a 242 km long left tributary of the Dniester, flowing within the Ternopil region. The basin covers an area of 3900 km², a river slope of 0,9 and a river network density of 2,44 km²/km. The average long-term water discharge in the river is 12,1 m³/s, the water turbidity is 100-200 g/m³ and the salinity is 350-550 mg/dm³. There are 8 small hydropower plants on the river with a total capacity of 21,57 MW.

The aim of the study is to assess the regulated flow of the Seret River and determine the amount of siltation in the reservoirs in its channel. The study found that 8 reservoirs have been created on the Seret River, with a total water surface area of 21 km² and a total volume of 57,4 million m³. The Seret River is one of the most heavily regulated rivers in the Western Podillia. The Seret River basin contains 30% of all reservoirs in the Ternopil region. The upper reaches of the river are the most regulated, with 5 reservoirs with a total volume of about 33 million m³ and a usable volume of 25 million m³.

According to the results of the calculations, it was found that the coefficient of flow regulation of the Seret River is 0,17; the degree of flow regulation is 0,25. The volume weight of sediment in the Seret River is 0,79 t/m³. It was found that the river transports about 57 thousand tonnes of sediment per year. Over the estimated period of operation (40 years), 3 million m³ of sediment will accumulate in the Seret River reservoirs. The siltation of Ternopil reservoir is 3,5%, Vertelivske – 5%, Zalozhtsivske – 10%, Verkhnya Ivachyvka – 58%, Bilche-Zolotetske – 65%, Skorodynske – 75%. Based on the results obtained, it can be concluded that the Seret River is undergoing significant anthropogenic pressure, and there are risks of degradation of the watercourse and a decrease in the energy potential of the reservoirs in the middle and lower reaches of the river. Therefore, there is a need to develop scientifically based measures to optimise nature management and renaturalise the Seret River basin and valley.

Keywords: Seret River; reservoirs; flow regulation; river sediments; siltation.

Надійшла до редколегії 24.10.2023