

УДК 631.6:556.004

ОЦІНКА ВПЛИВУ РІВНЯ ЗАРЕГУЛЮВАННЯ НА КІЛЬКІСНІ ЗМІНИ РІЧКОВОГО СТОКУ

А.Є. БОНДАР

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН УКРАЇНИ

Розглянуто методичні підходи щодо оцінки впливу господарської діяльності на водність річок, проведено аналіз рівня зарегулювання поверхневого стоку в басейнах річок України, а також виконано оцінку багаторічної динаміки характеристик річкового стоку.

Ключові слова: річковий стік, водні ресурси, зарегулювання стоку, аналіз методів, господарська діяльність

Постановка питання. Розвиток меліоративного будівництва, енергетики, комунального господарства та будівництво водозатратних промислових підприємств стали причиною різкого зростання безповоротного водоспоживання, перерозподілу та зменшення водних ресурсів. У ряді областей України внаслідок зростаючого антропогенного навантаження на річкові басейни значно погіршилися якість водних ресурсів та гідроморфологічний стан річок у цілому, зменшився річковий стік, зникли деякі малі річки, з'явилися нові водосховища та ставки, що здебільшого призвело до безповоротних змін природних річкових ландшафтів.

Будь-яка господарська діяльність в басейнах річок повинна узгоджуватися з довгостроковими планами використання водних ресурсів, що забезпечить можливість контролю і цілеспрямованого впливу на гідрологічний режим, а також дозволить розв'язати проблему вдосконалення управління, раціонального використання та охорони водних ресурсів. У свою чергу, це вимагає структурної перебудови галузей економіки із урахуванням змін водності річок під впливом трансформації гідрологічних та кліматичних процесів у сучасних умовах [1].

Вплив на водність річок всіх видів господарської діяльності на водозборі характеризується алгебраїчною сумою значень зміни річного стоку під впливом кожного виду окремо [2]:

$$\Delta U = +\Delta U_{ар} + \Delta U_{ліс} + \Delta U_{зр} + \Delta U_{ос} + \Delta U_{ак} + \Delta U_{урб} + \Delta U_{вз} \quad (1)$$

де $\Delta U_{ар}$ – зміни стоку під впливом агротехнічних заходів; $\Delta U_{ліс}$ – лісотехнічних заходів; $\Delta U_{зр}$ – зрошувальних меліорацій; $\Delta U_{ос}$ – осушувальних меліорацій; $\Delta U_{ак}$ – руслових акумуляцій (ставки і водосховища); $\Delta U_{урб}$ – урбанізації території; $\Delta U_{вз}$ – зміни стоку у результаті водозабору або міжбасейнового перекидання стоку.

Аналіз методів оцінки впливу господарської діяльності на водність річок показав, що вони залишились незмінними із моменту їх прийняття. Спільною принциповою основою цих методів є порівняння антропогенно зміненого стоку зі стоком природним (кліматичним), зумовленим комплексом стокоформуючих чинників, головними з яких є кліматичні (атмосферні опади, випарування і теплообмін), а другорядними – рельєф і підстильова поверхня.

Залежно від наявності вихідних матеріалів, фізико-географічних особливостей річкових водо-

зборів, видів господарської діяльності та рівня їх розвитку застосовуються різноманітні методи кількісної оцінки впливу антропогенних чинників на гідрологічний режим річок, що можуть бути об'єднані у такі групи:

- методи, що базуються на дослідженнях багаторічних коливань стоку у сукупності із аналізом змін природних метеорологічних чинників та розвитку господарської діяльності у басейнах річок із застосуванням тимчасових багатofакторних кореляційних зв'язків норми стоку з господарською діяльністю;

- водобалансові методи, які передбачають роздільне врахування водозаборів і скидів, аналіз та зміни водного і теплового балансів, зміни в басейнах річок у результаті впливу кожного окремого виду господарської діяльності;

- методи активного експерименту.

Перша група методів дозволяє отримати позитивні результати, але за умови що всі фізико-географічні чинники (особливо кліматичні) у порівнювані періоди однакові. Тому при їх застосуванні обов'язковою умовою є виключення чинників, що не залежать або слабо залежать від господарської діяльності, тобто, приведення стоку порівнюваних періодів до однакових умов.

Основною робочою гіпотезою першої групи методів є вивчення багаторічних коливань гідрологічних характеристик у замикаючих створах під впливом природних чинників, а також кількісна оцінка ступеня впливу господарської діяльності. До таких методів можна віднести: методи порівняння стоку за різні періоди, методи аналогії; методи відновлення стоку за природними стокоформуючими чинниками. Дані методи дозволяють виконати як оцінку впливу на гідрологічний режим усього комплексу наявних на водозборі чинників господарської діяльності, так і визначити роль окремих антропогенних чинників, що відіграють головну роль у зміні режиму річкового стоку.

Друга група методів заснована на вивченні змін водного, теплового і сольового балансів, які відбуваються безпосередньо на ділянках водозборів та русел, де під впливом господарської діяльності змінюються природні умови (урбанізація територій, зрошувані і осушувані масиви, розорення земель тощо). На основі аналізу експериментальних даних щодо гідрологічного режиму, водного і теплового балансів розроблені водобалансові методи оцінки

впливу на річковий стік агротехнічних і лісомеліоративних заходів, зрошення і осушення, будівництва і експлуатації водосховищ. Такі методи, за наявності детальних експериментальних даних, дозволяють розкрити фізичну суть процесів, які відбуваються в умовах впливу господарських заходів. Вони дають змогу оцінити значення і роль кожного антропогенного чинника окремо та розрахувати зміни гідрологічних характеристик під їх впливом, які сталися не лише у минулому, але і очікувані у майбутньому.

Методи активного експерименту ґрунтуються на тому, що на водозборі, який має достатньо довгий і надійний період спостережень за гідрометеорологічними показниками, виконується штучна заміна одного із чинників підстилкової поверхні (вирубка або садження лісу, агротехнічні заходи), вплив якого на режим і водний баланс намагаються визначити, а в подальшому проводять спостереження за всіма елементами водного балансу до і після проведення заходів на водозборі, за результатами чого роблять висновки щодо їх впливу на гідрологічні характеристики. Дані методи є найбільш ефективними для встановлення ролі чинників підстилкової поверхні щодо даного конкретного водозбору і притаманних йому особливостей. Однак ці методи є дороговартісними і для отримання надійних результатів вимагають постановки багаторічних спостережень, які включають роки із різними метеорологічними умовами. У зв'язку з цим найчастіше дані методи застосовують на малих річкових водозборах, а висновки щодо їх

роботи не завжди є репрезентативними для середніх та великих річкових водозборів [3].

Слід відзначити, що застосування методів оцінки змін водності річок під впливом господарської діяльності ускладнено через недостатність водобалансових натурних спостережень, різке скорочення пунктів спостережень за гідрологічними характеристиками стоку, недостатню надійність кадастрових даних щодо використання водних ресурсів тощо. Варто також відмітити, що для надійної оцінки впливу господарської діяльності необхідно використовувати одночасно декілька методів, які дозволять здійснювати взаємний контроль отримуваних результатів. Тому оцінка норми річкового стоку потребує удосконалення методів розрахунку, що у свою чергу має бути спрямоване на обґрунтування майбутніх водогосподарських проектів [4, 5].

Результати досліджень. Масове будівництво ставків і водосховищ різного цільового призначення в Україні припадає на другу половину минулого століття. У табл. 1 представлені характеристики середньорічного стоку і об'єми його акумуляції для окремих малих та середніх річок. Для оцінки рівня впливу господарської діяльності на річковий стік у роботі використано коефіцієнт зарегулювання стоку, що виражається відношенням об'єму заакумульованої води до середньорічної величини стоку у %. У табл. 2 наведено результати оцінки рівня зарегулювання деяких річок басейну Дніпра за різні роки господарського освоєння [6, 7].

1. Характеристики середньорічного стоку річок та його акумуляції в ставках та водосховищах

Назва річки	Площа водозбору, км ²	Середня величина на сток, млн. м ³	Об'єм водойм, млн. м ³	Рівень зарегулювання, %	Назва річки	Площа водозбору, км ²	Середня величина на сток, млн. м ³	Об'єм водойм, млн. м ³	Рівень зарегулювання, %
басейн Прип'яті									
Стохід	3 150	375,89	7,52	2	Уж	8 080	989,91	19,80	2
Горинь	27 010	1488,62	193,52	13	Уборть	3 900	675,22	6,74	1
Хомора	1 465	170,07	25,51	15	Ствига	2 620	321,33	19,28	6
басейн Дніпра (від Прип'яті до Десни)									
Тетерів	15 100	958,31	220,41	23	Ірша	3 070	305,16	57,98	19
Ірпінь	3 340	241,85	48,37	20	Гуйва	1 470	133,06	22,62	17
басейн Десни									
Сейм	7 400	3868,49	77,38	2	Остер	2 950	162,67	9,76	6
Снов	5 380	878,65	8,74	1	Есмань	634	71,83	12,21	17
басейн Дніпра (від Десни до гирла)									
Сула	19 600	1284,71	218,40	17	Самара	22 600	507,85	462,14	91
Удай	7 030	259,06	85,49	33	Гайчур	2 140	46,27	20,36	44
Псел	16 270	1558,47	202,60	13	Інгулець	13 700	645,01	645,01	100
Ворскла	12 590	934,54	121,49	13	Мокра Сура	2 830	87,59	62,19	71
Орчик	14 600	72	10,08	14					
басейн Причорномор'я									
Свинна	871	5,71	5,71	100	Когильник	3 910	52,15	10,43	20
Сарата	1 250	535,24	535,24	100					
басейн Сіверського Дінця									
Уда	3 280	400,66	84,21	21	Красна	2 710	145,39	36,35	25
Оскіл	4 740	495,77	495,77	100	Бахмут	1 680	9,51	17,81	18
Лугань	3 740	270,29	237,85	88					

2. Порівняльна характеристика рівня зарегулювання річок басейну Дніпра за різні періоди господарського освоєння

Назва річки	Рівень зарегульованості, %			Назва річки	Рівень зарегулювання, %		
	1950 р.	1985 р.	2000 р.		1950 р.	1985 р.	2000 р.
басейн Прип'яті							
Стохід	0,18	1	2	Уж	0,02	2	2
Горинь	0,70	6	13	Уборть	0,02	1	1
Хомора	0,47	14	15	Ствига	0,01	2	6
басейн Дніпра (від Прип'яті до Десни)							
Тетерів	0,25	17	23	Ірша	0,008	18	19
Ірпінь	0,25	20	20	Гуйва	0,20	15	17
басейн Десни							
Сейм	-	2	2	Остер	0,036	4	6
Снов	0,069	1	1	Есмань	0,032	17	17
басейн Дніпра (від Десни до гирла)							
Сула	0,13	13	17	Самара	0,24	77	91
Удай	0,94	11	33	Гайчур	0,33	44	44
Псел	-	8	13	Інгулець	0,15	51	100
Ворскла	0,10	13	13	Мокра	0,08	19	71
Орчик	-	12	14	Сура			

Аналіз наведених даних показує, що найбільш зарегульованими є річки півдня та сходу України. Рівень зарегулювання деяких річок сягає 100 % (Інгулець, Сарата, Свинна, Оскіл). На півдні країни такий високий рівень пов'язаний, у першу чергу, із використанням стоку річок для зрошувальних меліорацій і господарських потреб населення. На сході він обумовлений високою урбанізацією та використанням поверхневого стоку для комунальних і промислових потреб. Річки північних та центральних регіонів країни мають менший відсоток зарегулювання. Основними напрямками використання водних ресурсів в даних регіонах є риборозведення, водопостачання, меліорація земель та рекреація. Наведені в табл. 2 дані показують, що до початку масового будівництва гідромеліоративних систем (60-ті роки минулого століття) рівень зарегулювання був значно меншим 1 %. Уже до середини 80-х років, після введення в експлуатацію меліоративних систем, а також будівництва штучних водойм у басейнах річок, він зріс у десятки разів, сягнувши в окремих басейнах 20–77%. У наступні роки інтенсивність будівництва акумулятивних ємностей в руслах річок значно зменшилася. Найбільш інтенсивне зарегулювання стоку відбулося в південних районах.

Велика кількість ставків та водосховищ на малих річках і струмках України стала причиною різкого погіршення їх гідроморфологічного стану, а досить часто і повної деградації [8]. Акумуляція поверхневого і паводкового стоку у штучних водоймах на малих річках лісостепової і степової зони призвела до значних змін їх гідрологічного режиму і різкого порушення встановленої рівноваги гідродинамічної системи "потік – русло". Замулення і подальше заростання русел малих річок головним чином обумовлене саме відсутністю "промивок" русел в періоди високої водності і інтенсивним осадженням наносів у нижніх б'єфах ставків через зменшення

стоку і, відповідно, зменшення швидкості потоку до рівня, що не перевищує значення неза замулюючої швидкості. Донні водовипуски, що забезпечують можливість інтенсивного штучного промивання русел у нижніх б'єфах, на малих ставках здебільшого відсутні, або знаходяться в несправному стані. Нормативні вимоги щодо попуску санітарних витрат у багатьох випадках не витримуються, а на окремих малих річках живлення у нижніх б'єфах відбувається, головним чином, за рахунок бокового притоку.

Для оцінки впливу рівня зарегулювання на річковий стік середніх річок були використані матеріали стаціонарних спостережень на гідрологічних станціях і постах. У табл. 3 наведені осереднені значення середньобаторічного стоку за різні періоди господарської діяльності в басейнах річок Дніпра, аналіз яких показує, що за період зарегулюваного русла і зростаючого використання води для комунальних і господарських потреб зменшення середньорічного річкового стоку зафіксовано тільки в басейнах річок Ірпінь, Сейм та Сула, відповідно на 17 %, 15 % і 8 %. На інших річках спостерігається його незначне збільшення, що певною мірою пояснюється зростанням кількості опадів в останні десятиліття (рис. 1).

Незначний вплив зарегулювання на норму стоку середніх річок, у порівнянні з малими, обумовлений значно більшим рівнем дренажування ґрунтових вод і більшою тривалістю басейнового добігання, що, відповідно, забезпечує зростання долі ґрунтової складової стоку і більш тривалий та рівномірний розподіл поверхневого стоку у часі. Поряд з тим, у результаті регулювання стоку водосховищами значно змінився внутрішньорічний розподіл витрат, зменшилися їх річні максимуми та зросли мінімуми, особливо на річках з водосховищами багаторічного регулювання.

Так, на р. Ірпінь до регулювання максимальна різниця коливань середніх річних витрат становила 15,8 м³/с (498 млн. м³), а в наступний період змен-

3. Порівняльна характеристика коливання середньобагаторічного стоку річок басейну Дніпра за різні періоди господарського освоєння

Назва річки	Середньобагаторічний стік, м ³ /с			Назва річки	Середньобагаторічний стік, м ³ /с		
	До 1970 р.	1971 - 1990 рр.	1991 - 2010 рр.		До 1970 р.	1971 - 1990 рр.	1991 - 2010 рр.
Горинь	35,28	45,81	39,55	Сейм	99,88	99,97	84,92
Ірпінь	8,34	7,32	6,91	Сула	28,10	34,52	25,78
Ірша	6,79	8,12	7,24	Псел	43,90	54,58	48,57

шилася до 12,5 м³/с (396 млн. м³). Аналіз розподілу внутрішньорічного стоку р. Ірпінь показує, що в останні десятиліття середньорічний весняний стік зменшився на 7,63 %, тоді як літній, осінній та зимовий зросли, відповідно, на 3,98, 2,63 і 1,02 % (рис 2). Якщо до зарегулювання стоку середня з максимальних річних витрат становила 154 м³/с, то в наступний період її значення зменшилось до 65 м³/с. Середнє з найменших річних значень витрат в період регулювання, навпаки, дещо збільшилось, відповідно, з 1,6 м³/с до 1,7 м³/с [9]. На р. Сейм середні річні мінімальні витрати зросли з 20 до 35 м³/с. Динаміка характерних річних витрат р. Сейм в створі гідрологічного поста Мутине показана на рис. 3.

Висновки. Інтенсивне будівництво ставків в басейнах малих річок є однією з головних причин

зменшення річкового стоку, замулення і заростання русел. Зарегулювання стоку в руслах середніх річок не призвело до значних змін середньорічного стоку, але значно вплинуло на його внутрішньорічний розподіл і обумовило зменшення річних максимумів витрат та підвищення мінімального меженого стоку. Режим стоку зарегульованих річок залежить від режиму експлуатації руслових ставків і водосховищ, а на малих річках також від режиму експлуатації меліоративних систем.

Зарегулювання русел значно порушило однорідність багаторічних рядів спостережень за стоком на гідрологічних постах, тому при виконанні водобалансових та водогосподарських розрахунків слід використовувати матеріали спостережень за період зарегульованого русла.

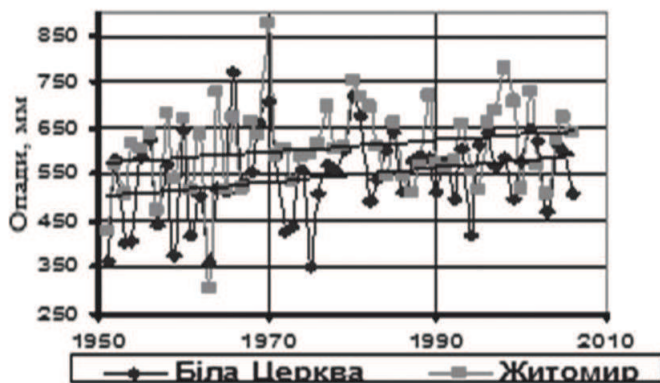


Рис.1. Динаміка середньорічної кількості опадів на метеостанціях Біла Церква і Житомир

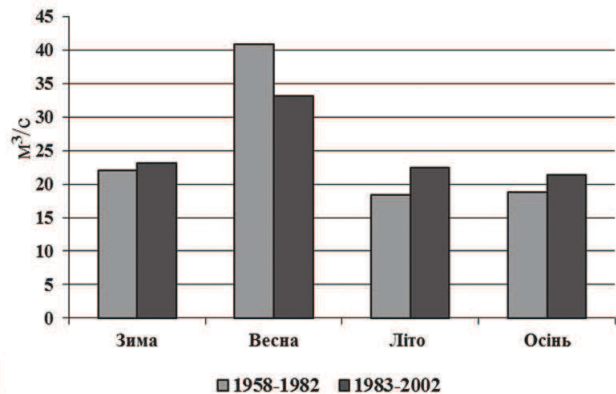


Рис.1. Динаміка середньорічної кількості опадів на метеостанціях Біла Церква і Житомир

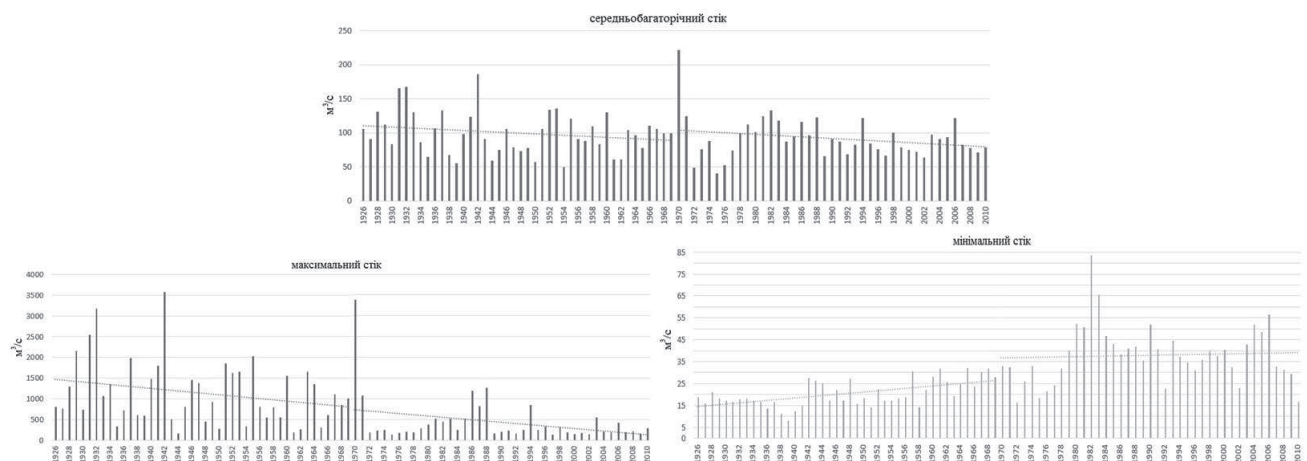


Рис. 3. Динаміка річкового стоку р. Сейм – п. Мутине

Бібліографія

1. Бондар А. Є. Вплив господарської діяльності на водні ресурси / А. Є. Бондар // *Materiały międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. – Volume 9. Ekologia. Geografia i geologia. Rolnictwo. Weterynaria – Przemysł. Nauka i studia, 2014. – STR. 34 – 36.*
2. Водогрецкий В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек / В. Е. Водогрецкий. – Л. : Гидрометеоздат, 1990. – 176 с.
3. Методические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановления его характеристик. – Л. : 1986. – 130 с.
4. Горбачёва Л. А. Оценка однородности и стационарности рядов среднегодового стока воды рек Украины / Л. А. Горбачёва, Б. Ф. Христюк // *Труды VII Гидрологического съезда. – 2013.*
5. Кордюм А. Б. Методологічні проблеми кількісної оцінки змін норми річкового стоку під впливом антропогенної діяльності людини в сучасних умовах / А. Б. Кордюм // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Науковий збірник. – К. : ВГЛ «Обрії», 2006. – Том 10. – С. 42 – 48.*
6. Паламарчук М.М. Водний фонд України : Довідковий посібник / М. М. Паламарчук, Н. Б. Закорчевна [За ред. В. М. Хорєва, К. А. Алієва]. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
7. Справочник по водным ресурсам / Под. ред. Б. Стрельца. – К. : Урожай, 1987. – 304с.
8. Гофман М. Оцінка ерозійних процесів в руслі р. Суха Згар / М. Гофман, О. М. Козицький, А. М. Шевченко // *Матеріали науково – практичної конференції «Вода і сталий розвиток». – К. : ІВПіМ, 2015. – С. 50 – 52.*
9. Схема комплексного використання водних ресурсів р. Ірпінь і раціонального використання заплавлених земель та земель водного фонду. – К. : ІВПіМ, 2009 р.

Рассмотрены методические подходы к оценке влияния хозяйственной деятельности на водность рек, проведен анализ уровня зарегулирования поверхностного стока в бассейнах рек Украины, а также выполнена оценка многолетней динамики характеристик речного стока.

Methodical approaches to assessing the impact of economic activity on the water resources of rivers have been considered, analyzed the level of surface runoff regulation of Ukraine's rivers basins, as well as executed of assessment long-term dynamics of river runoff characteristics.