GEU-03-04-2018_GEU-03-04-2018.qxd 05.12.2018 13:29 Page 70

УДК 556.552

ОБУХОВ Є.В., докт. эконом. наук, канд. техн. наук, професор, академік УМАНЕБ, м. Одеса

УЗАГАЛЬНЕНІ ОЦІНКИ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ВОДООБМІНУ НА ДНІПРОВСЬКИХ ВОДОСХОВИЩАХ

На основі узагальнення реальної гідрометеорологічної інформації за час експлуатації дніпровських водосховищ виявлена залежність показників інтенсивності їх зовнішнього водообміну від руслового припливу води у водосховища та їх об'єму.

Ключові слова: каскад, водосховище, водообмін, інтенсивність, показник, об'єм, похибка.

Вступ. Для ефективного вирішення оптимального розподілу водних ресурсів між учасниками Водогосподарського комплексу (ВГК) необхідне удосконалення науково-обґрунтованих режимів експлуатації окремих водосховищ та їх каскадів. В умовах гострих міжгалузевих та середньогалузевих протиріч між учасниками та компонентами ВГК досягнути цього зовсім не просто, особливо з урахуванням соціальних, екологічних, природоохоронних факторів.

Проточність водосховищ визначається як відношення корисного об'єму до річного стоку річки та роллю водосховища в каскаді. Проточність водосховищ обумовлена постійними стоковими течіями та змінюється від водності сезону та року. В результаті взаємодії стокових та компенсаційних течій в водосховищах структура їх дуже складна. На інтенсивність зовнішнього та внутрішнього водообміну в водосховищах, а відповідно і якість води в них, впливає взаємодія гідрологічних та гідродинамічних процесів. В умовах зміни клімату функціонування водосховищ ще більше ускладнюється.

Проблеми інтенсивності водообміну в водосховищах досліджувались досить ретельно багатьма вченими та автором [1—24].

Мета роботи є узагальнення та удосконалення розрахункових підходів до визначення показників інтенсивності зовнішнього водообміну дніпровських водосховищ та виявлення відповідної залежності для їх завчасних оперативних розрахунків.

Основними матеріалами досліджень є гідрометеорологічна інформація з гідрометеорологічних обсерваторій Дніпровського каскаду водосховищ за час їх експлуатації, основні проектні та сучасні характеристики водосховищ, результати досліджень за минулі роки [1—25].

В дослідженнях за основу приймались різні за водністю роки експлуатації водосховищ каскаду: багатоводний 1970 рік (p = 1,89% за даними основного регулятора каскаду — Кременчуцького водосховища), маловодний 1972 рік (p = 92,45%) та дуже маловодний 2015 рік (p = 98,21%), який розглядається для шести водосховищ каскаду з урахуванням введеного в експлуатацію Канівського водосховища.

При узагальненні результатів досліджень інтенсивності зовнішнього водообміну водосховищ Дніпровського каскаду використовувались вже опубліковані матеріали автора, в яких визначались коефіцієнти інтенсивності їх зовнішнього водообміну як відношення суми припливу та витрати води з водосховищ до їх подвоєного середнього об'єму за розрахунковий інтервал часу, а показники зовнішнього водообміну водосховищ Ty в часових одиницях — як величина обернена їх коефіцієнтам інтенсивності. Зазначимо, що чим менше показник зовнішнього водообміну водосховищ Ty, тим інтенсивніше відбувається зміна їх нормативних водних ресурсів. А якщо показник Ty менше одиниці, то така зміна відбудеться менше, ніж за рік. Слід відзначити, що усі розрахунки проводились для проектних параметрів водосховищ каскаду, але після публікації [25] в даній роботі були проведені деякі порівняльні розрахунки інтенсивності зовнішнього водообміну дніпровських водосховищ та визначені відповідні розбіжності.

Результати досліджень та їх аналіз. В наведених дослідженнях побудовані графічні залежності показників інтенсивності зовнішнього водообміну водосховищ каскаду в одиницях часу Ty в річному аспекті від величини повного W_n та корисного $W_к$ їх об'ємів з урахуванням величини річкового припливу води W_c до водосховищ (Рис. 1—3).

Аналіз та узагальнення показників інтенсивності зовнішнього водообміну в залежності від проектних повних об'ємів водосховищ та водності року дозволили запропонувати формулу для оперативних завчасних розрахунків показників інтенсивності для водосховищ Дніпровського каскаду

$$Ty = 10^{-a + m \lg W_п/18,2} \qquad (1)$$

де Ty — показник зовнішнього водообміну водосховища в річному аспекті, років; a — параметр, який характеризує об'єм річного руслового припливу до водосховища

$$a = 0,00885\ W_c - 0,06, \qquad (2)$$

W_c — об'єм річного руслового припливу до водосховища, км^3; m — параметр, який є тангенсом кута нахилу лінії зв'язку $\lg Ty = f(\lg W_п/18,2)$ і дорівнює 0,95; $W_п$ — повний проектний об'єм водосховища, км^3; 18,2 — стала, яка дорівнює максимальному повному проектному об'єму водосховища каскаду, км^3.

Визначення показників зовнішнього водообміну в залежності від сучасних корисних об'ємів водосховищ $W_к^*$(км^3) в 2015 році пропонується також по формулі (1), але параметри $a = -0,175$; $m = 0,454$ і логарифм визначається для відношення $W_к^*/18,2$, тобто

$$Ty = 10^{-0,175 + 0,454 \lg Wк^*/18.2} \qquad (3)$$

В Табл. 1 наведені основні параметри дніпровських водосховищ в проектному та сучасному (для 2015 р.) виміру, а також розраховані за складовими їх водних балансів [1—4, 6—23] та за формулами (1) і (3) показники інтенсивності зовнішнього водообміну Ty в річному аспекті, а також відносна похибка (%) між цими розрахунками. Найменші відносні похибки є

GEU-03-04-2018_GEU-03-04-2018.qxd 05.12.2018 13:29 Page 71

для шести водосховищ каскаду в 2015 році (проектні параметри) із середньоквадратичною похибкою $\sigma = \pm 7{,}79\%$. Для багатоводного 1970 року середньоквадратична похибка $\sigma = \pm 12{,}24\%$, для маловодного 1972 року $\sigma = \pm 17{,}92\%$, а для дуже маловодного 2015 року ця похибка між результатами розрахунків за даними водних балансів для $W_к^*$ та за формулою (3) дорівнює $\sigma = \pm 21{,}4\%$.

Висновки

1. Проведені дослідження показали значимість величини повного об'єму водосховищ каскаду для показників інтенсивності їх зовнішнього водообміну за будь-який розрахунковий інтервал часу, але далі слід також враховувати зміну параметрів повного об'єму дніпровських водосховищ за останні десятиліття їх експлуатації в сторону їх зменшення (замулення, заростання, руйнування берегів). Відзначимо, що похибки при розрахунках *Ту* збільшуються із збільшенням величини повного об'єму водосховища каскаду.

2. Наведена формула (1) дозволяє оперативно та завчасно розраховувати показники інтенсивності зовнішнього водообміну для будь-якого повного об'єму водосховищ каскаду в будь-який розрахунковий рік експлуатації з урахуванням його водності, що буде сприяти оздоровленню екологічного стану акваторій дніпровських водосховищ у відповідності з положеннями прийнятої в 2012 році "Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року" через оперативну зміну режимів їх експлуатації, особливо, в умовах зміни клімату.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Обухов Е.В.* Оценка интенсивности внешнего водообмена в Кременчугском и Каховском водохранилищах//Український гідрометеорологічний журнал. — Одеса. — 2014. — № 15. — С.134—140.

2. *Обухов Є.В.* Оцінка впливу вертикальної складової на інтенсивність зовнішнього водообміну на Кременчуцькому водосховищі / Матер. II Міжн. н.-пр. інтернет-конференції. "Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва". — Тернопіль. — 2015. — С. 324—326.

3. *Обухов Є.В.* Оцінка інтенсивності зовнішнього водообміну на Каховському водосховищі в умовах зміни клімату/ Зб. наук. праць міжн. н.-пр. інтернет-конф. "Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції".— Кам'янець-Подільський, 2015. — С. 280—282.

4. *Обухов Е.В.* Внешний водообмен водохранилищ Днепровского каскада / Материалы 6-го Межд. Эколог. Форума "Чистый ГОРОД. Чистая РЕКА. Чистая ПЛАНЕТА".— Херсон: ХТПП, 2015. — С. 140—146.

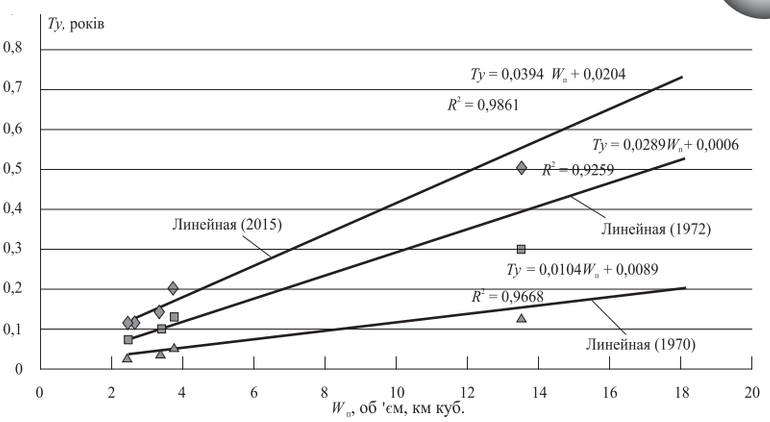

Рис. 1. **Залежність $Ту = f(W_п)$ показників зовнішнього водообміну дніпровських водосховищ від їх проектних повних об'ємів.**

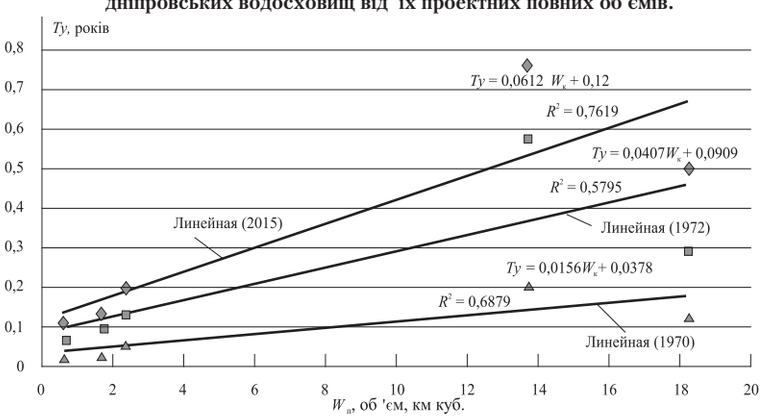

Рис. 2. **Залежність $Ту = f(W_к$ показників зовнішнього водообміну дніпровських водосховищ від їх проектних корисних об'ємів.**

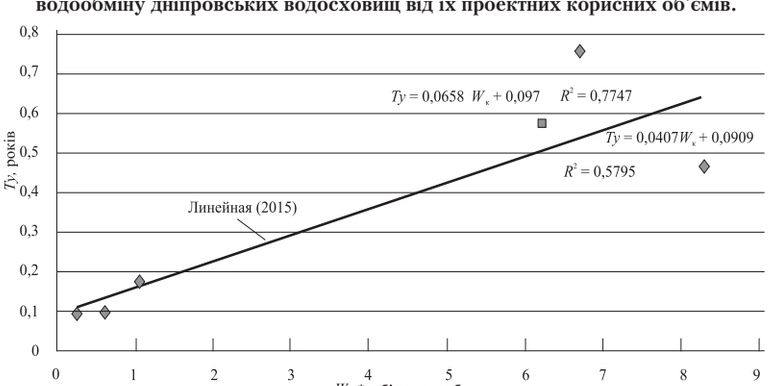

Рис. 3. **Залежність $Ту = f(W_к^*)$ показників зовнішнього водообміну дніпровських водосховищ від їх сучасних корисних об'ємів.**

Таблиця 1. **Результати узагальненої оцінки інтенсивності зовнішнього водообміну на дніпровських водосховищах**

Параметри водосховищ	Київське	Канівське	Кременчуцьке	Середньо-дніпровське	Дніпровське	Каховське
Повний об'єм $W_п$ (км³) (проект)	3,73	2,62	13,52	2,46	3,33	18,2
Корисний об'єм $W_к$ (км³) (проект)	1,17	0,30	9,07	0,30	0,83	6,80
" $W_к$* (км³) (сучасний)	1,05	0,25	8,32	0.25	0,61	6.68
Ту (року) для $W_п$ ($W_к$) (за ВБалансом)						
(1970 р)	0,062	-	0,13	0,031	0,039	0,21
(1972 р)	0,136	-	0,297	0,072	0,099	0,59
(2015 р)	0,203	0,117	0,502	0,113	0,144	0,77
для $W_к$* (2015 р) [24]	0,181	0,094	0,466	0,105	0,105	0,76
Ту (років) для $W_п$ (за формулою 1)						
(1970 р)	0.049	-	0,157	0,030	0,041	0,209
(1972 р)	0.139	-	0,444	0,086	0,117	0,590
(2015 р)	0.184	0,123	0.,85	0,113	0,155	0,770
для $W_к$* (2015 р) (за формулою 3)	0.183	0,095	0,469	0,095	0,143	0,424
Похибка (%) (1970 р)	-20,2	-	17,2	-1,61	6,50	-0,50
(1972 р)	2,58	-	33,1	16,3	15,4	0,0
(2015 р)	-9,36	4,93	14,2	0,0	7,1	0,0
для $W_к$* (2015 р)	1,1	1,47	0,64	-9,5	26,6	-44,2

GEU-03-04-2018_GEU-03-04-2018.qxd 05.12.2018 13:29 Page 72

5. *Обухов Е.В.* Внешний водообмен Днестровского водохранилища/ Зб. Центру наукових публікацій "Велес" за матер. міжн. н.-пр. конф. "Досягнення науки в 2015 році", 19.12.2015 р. ч. 2. — К.: ЦНП, 2015. — С. 31—38..

6. *Обухов Е.В.* Внешний водообмен на украинских водохранилищах/ Сб. статей научно-информационного центра "Знание" по матер. 1Х Межд. заочной н.-пр. конф. "Развитие науки в ХХ1 веке", 30.12.2015. — Харьков: НИЦ "Знание", 2015. — С. 32—37.

7. *Обухов Е.В., Корецкий Е.П.* Внешний водообмен на Днепродзержинском водохранилище/ Сб. научных статей Х межд. н.-пр. конф. "Развитие науки в ХХ1 веке", 15.02.2016.— Харьков: НИЦ "Знание", 2016. — С. 99—104.

8 *Обухов Е.В.* Внешний водообмен украинских водохранилищ / Научно-технический бюллетень серии "Экология, экономика, безопасность".— Вып.1(37). — Одесса: УО МАНЭБ.— "Пассаж", 2016.—48 с.

9. *Обухов Е.В.* Внешний водообмен на Киевском водохранилище / Зб. наук. праць 11 міжн. н.-пр. конф. "Стратегія збалансованого використання економічного, технологічного та ресурсного потенціалу країни". 1.06.2016 р. (ПДАТУ, м. Кам'янець-Подільський), — Тернопіль: Крок, 2016. — С. 176—179.

10. *Обухов Е.В.* Сравнительные показатели внешнего водообмена на водохранилищах Днепровского каскада в условиях изменения климата // Географический вестник. 2016. №2 (37). — С. 61—69. doi 10.17072/2079-7877-2016-2-61-69.

11. *Обухов Е.В., Корецкий Е.П.* Исследование влияния водности года на интенсивность внешнего водообмена днепровских водохранилищ // Географический вестник = Geographical Bulletin. — 2016. — №3(38). — С. 62—71. doi 10.17072/2079-7877-2016-3-62-71.

12. *Обухов Е.В., Корецкий Е.П.* Экономико-экологический фактор влияния изменений климата на интенсивность внешнего водообмена Каховского водохранилища / Зб. наукових праць "Економічні інновації". — Одеса: НАНУ ІПРЕЕД, 2016. — № 61. — С. 275—284.

13. *Обухов Е.В.* Внешний водообмен на Днепровском (Запорожском) водохранилище в условиях меняющегося климата / Материалы Х межд. н.-пр. интернет-конф. "Проблемы экологической безопасности и развития народнохозяйственного комплекса", 10.10.2016. — Одесса: УО МАНЭБ, Пассаж, 2016.— С. 29—35.

14. *Обухов Є.В., Корецький Є.П.* Економіко-екологічна оцінка інтенсивності зовнішнього водообміну на Каховському водосховищі в залежності від впливу водобалансових складових /Зб. наук. праць "Економічні інновації"— Одеса: НАНУ ІПРЕЕД, — 2016. —№ 62. — С. 260 — 267.

15. *Обухов Е.В.* Оценка интенсивности внешнего водообмена на Кременчугском водохранилище в зависимости от водности года // Гидротехника. — СПб, 2017. — № 1 (46). — С. 71 —74.

16. *Обухов Е.В.* Оценка комплексного использования водних ресурсов Каховского водохранилища за 60 лет эксплуатации // Научный журнал "Экономика Украины". — 2017. —№ 1 (654). — С. 31 — 40.

17. *Обухов Е.В., Корецкий Е.П.* Оценка показателей внешнего водообмена днепровских водохранилищ в условиях меняющегося климата //Гидротехника. — СПб, 2017. — № 2 (47). — С. 46 — 50.

18. *Обухов Є.В., Корецький Є.П.* Оцінка інтенсивності зовнішнього водообміну водосховищ Дніпровського каскаду в умовах зміни клімату Відновлювана енергетика, 2017. №1.— С.62—69.

19. *Обухов Е.В.* Внешний водообмен Днепровского каскада водохранилищ: Монография.— Одесса: Полиграф, 2017.— 100 с.

20. *Обухов Е.В., Корецкий Е.П.* Оценка интенсивности внешнего водообмена на Каневском водохранилище в зависимости от водности года// Гідроенергетика України, 2017. № 1—2.— С. 26—29

21. *Обухов Е.В.* Исследование влияния водности года на внешний водообмен Днепродзержинского водохранилища в условиях изменения климата// Энергетика. Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ. 2017. Т.60. № 4. — С. 380—388. Doi: 10.21122/1029—7448-2017-60-4-380-388.

22. *Обухов Е.В., Корецкий Е.П.* Оценка интенсивности внешнего водообмена на Киевском водохранилище в зависимости от водности года//Відновлювана енергетика, 2017. №4. — С. 67—74.

23. *Обухов Є.В., Корецький Є.П.* Особливості впливу внутрішньорічного розподілу річкового стоку на показники зовнішнього водообміну дніпровських водосховищ / Зб. матеріалів 7—го Міжн. Еколог. Форуму "Чисте МІСТО. Чиста РІКА. Чиста ПЛАНЕТА", 16-17.Х1.2017.— Херсон: ХТПП, 2017. — С. 70—76.

24. *Обухов Є.В., Бойко В.М.* Регулювання стоку та зовнішній водообмін на Дністровському водосховищі // Водне господарство України, 2017.— №5(131).— С. 13—16.

25. *Вишневський В., Шевчук С., Шевченко І.* Сучасні розміри дніпровських водосховищ //Водне господарство України, 2017. — № 4. — С. 23—29.

© Обухов Є.В., 2018