

DOI: 10.31073/mivg201801-115

Available (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/115>

УДК 621.501.72

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОНЦЕПЦІЇ СИСТЕМНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ЗА БАСЕЙНОВИМ ПРИНЦИПОМ

П.І. Ковальчук<sup>1</sup> док. тех. наук, Р.Ю. Коваленко<sup>2</sup>, Г.А. Балихіна<sup>3</sup> канд. тех. наук

<sup>1</sup> Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна; e-mail: volokovalchuk@gmail.com

<sup>2</sup> Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна; e-mail: romchik89@ukr.net

<sup>3</sup> Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна; e-mail: maslova-anna@ukr.net

***Анотація.** Наведено методичні особливості формування системи управління водними ресурсами за басейновим принципом. Системне управління водокористуванням розглядається як розвиток інтегрованого управління водними ресурсами за такими напрямками: ієрархічний підхід, інтегрований підхід за територіальним принципом, інтегрований підхід за видами управління, інтегрування за екологічними та економічними цілями управління. Подано структурно-функціональну схему системного управління. При реалізації Планів управління водними ресурсами в басейні ріки рекомендується використовувати інформаційні технології.*

***Ключові слова:** системне управління, інтегроване управління, ієрархічний підхід, економічні та екологічні критерії, інформаційні технології.*

**Постановка задачі.** В останні десятиріччя, стосовно до Директиви ЄС [1], значного розвитку набуло інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом [2-6]. В Україні державна політика націлена також на впровадження інтегрованих підходів до управління водними ресурсами [7], складання та реалізацію Планів управління річковим басейном [8]. У наукових працях [5, 6] є усвідомлення необхідності впровадження басейнового принципу управління водними ресурсами, за якого річковий басейн виступає як основна одиниця управління і який є «системою з усталеними екологічними, соціальними та економічними зв'язками» [5]. Проте інтегроване управління передбачає сумісне управління або за ресурсами, або за окремими зв'язками, цілями і т. д., тобто за окремими видами управління. У методології системного аналізу [9], поряд з окремими видами управління, розробляється методологія цілісного управління складними системами. Запропоноване системне управління [9] забезпечує послідовність процедур вибору і реалізації системно взаємопов'язаних рішень і дій, узгоджених за цілями, задачами, термінами, ресурсами для досягнення певних змін у керованому об'єкті [9]. Системне управління розвивалось як інструментарій управління водним режимом територій [10], для розробки інформаційних технологій комплексного використання водних ресурсів [11], були застосовані імітаційні моделі для оцінки стану та перспектив розвитку річкового басейну [12].

Нами розглядається системне управління як розвиток інтегрованого управління, адаптації системних принципів для управління водними ресурсами в басейні ріки.

Проте відсутня концепція системного управління, яка дає можливість узагальнити системні принципи водокористування в басейні ріки, ширше використовувати системний аналіз, розглянути структурно-функціональні особливості річкового басейну, структуру його моніторингу, як основу для прийняття рішень, розвивати і узагальнювати принципи та методи системного моделювання, прогнозування і управління річковим басейном.

**Мета та задачі дослідження.** Мета дослідження – дослідити методологічні особливості концепції системного управління для розвитку і реалізації інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом.

Для досягнення мети було вирішено такі задачі:

- охарактеризовано інтегровані підходи до управління водними ресурсами в басейні ріки, їх реалізацію в Плани управління річковим басейном;
- розроблено структурно-функціональну схему системного управління, яка розглядає басейн ріки як цілісну систему та об'єкт управління в умовах сталого розвитку, адаптивний підхід до управління [12];
- запропоновано інформаційні технології для реалізації системи підтримки прийняття рішень.

**Методологічні особливості концепції системного управління при використанні інтегрованих підходів.** Пропонуються основні види інтегрованих підходів при управлінні річковим басейном, зокрема: ієрархічний підхід; інтегрований підхід за басейновим принципом; інтегрування за видами управлінь; інтегрування за економічними та екологічними цілями управління.

**Інтегроване управління за рівнями ієрархії.** Басейн розглядається як цілісний об'єкт, соціо-природно-технічна система, в якій інтегрування передбачає композицію (поєднання) та декомпозицію (окремий розгляд) підсистем в ієрархічному процесі прийняття рішень. Управління підсистемами здійснюється по вертикалі (ієрархія підсистем) та по горизонталі (всередині і між підсистемами) [6, 10].

Ієрархічний підхід передбачає підпорядкованість підсистем нижнього рівня ієрархії підсистемам більш високого рівня. Розглядається трирівнева система, в якій: на першому рівні ієрархії – технологічне управління, що забезпечує технічні та технологічні сучасні рішення в процесі функціонування водогосподарського комплексу в басейні ріки; на другому рівні ієрархії – економічна та екологічна підсистема водокористування, що задають цілі ефективного економічного функціонування об'єкта та досягнення його доброго екологічного стану; на третьому рівні ієрархії – організаційна підсистема (Кабінет міністрів України, Держводагентство, БУВР), місцеві органи влади, які забезпечують правові та організаційні взаємовідносини між водопостачальниками та водоспоживачами.

**Інтегрований підхід до управління ресурсами** розглядається як «процес, що сприяє погодженому розвитку й управлінню водою, землею й іншими ресурсами з метою досягнення максимального соціально-економічного благополуччя на справедливій основі без заповдіння збитку стійкості життєво-важливим екосистемам» [3].

В умовах змін клімату інтегроване управління за ресурсами забезпечує оцінювання тенденції розвитку меліорації (сумісне використання водних і земельних ресурсів) в нових кліматичних умовах.

**Інтегрований підхід за видами управління** в басейні ріки здійснюється на основі скоординованих дій для досягнення певних корисних змін або перетворень у керованій системі. У системі басейну розрізняють поєднання таких видів управління: управління поведінкою, управління властивос-

тями, управління структурою, управління розвитком [9, 10].

Найбільш ефективним підходом для досягнення мети управління є системне управління, що в системі річкового басейну забезпечує цілеспрямовану зміну екологічних та економічних цілей його функціонування, координацію інтегрованих підходів та видів управління в їх ієрархічній підпорядкованості. Басейн ріки розглядається як система  $S(t)$ , що характеризується множиною об'єктів:

$$S(t) = S\{X(t), Y(t), \Sigma(t), Q(t), Z(t), L(t), F(t)\}, \quad (1)$$

де  $X(t)$  – множини внутрішніх станів системи, що характеризуються певними системоутворюючими відношеннями і зв'язками. Стани системи розвиваються в часі  $t$  на деякому інтервалі  $T$ , на який складаються плани управління річковим басейном;  $Y(t)$  – множина структур зовнішнього середовища;  $\Sigma t$  – множина структур системи (неперервна чи дискретна), що характеризує відношення між елементами, між елементами і навколишнім середовищем;  $Q(t)$  – множина, що характеризує водні об'єкти на території басейну, їх якісні та кількісні характеристики;  $Z(t)$  – земельні ресурси, інші об'єкти сільського господарства, комунальні підприємства, промислові та інші підприємства, що є водокористувачами, можуть впливати на водні ресурси, змінювати кількість та якість;  $F(t)$  – функції (критерії оцінки) системи  $S$ , за якими оцінюються цілі функціонування системи, економічна, екологічна, технологічна ефективність взаємодії елементів системи з навколишнім середовищем упродовж інтервалу часу  $T$ , заданого або прогнозованого інтервалу планування;  $L(t)$  – технічні, технологічні, організаційні ресурси, які використовуються в процесі управління.

Динаміка розвитку стану басейну ріки в процесі системного управління описується рівняннями:

$$X_K(t+1) = A(X_K(t), Y_K(t), \Sigma_K(t), U_K(t)), \quad (2)$$

де значення показників у момент часу  $t \in T$  визначається:

$$X_K(t) \in X; Y_K(t) \in Y; \Sigma_K(t) \in \Sigma; U_K(t) \in U, \quad (3)$$

$X$  – множина внутрішніх станів системи;  $Y$  – множина структур зовнішнього середовища;  $\Sigma$  – множина структур системи;  $U$  – множина управлінь системи;  $A$  – оператор трансформації (розвитку) басейну ріки.

Множина управлінь  $U(t)$  складає об'єднання множин:

управління властивостями



У структурно-функціональній схемі річковий басейн розглядається як система та об'єкт управління. Важливими складовими системного управління є моніторинг, який забезпечує інформаційну основу аналізу для прийняття рішень при промивках річок [13]. Система підтримки прийняття рішень побудована за принципом інтегрування економічних і екологічних цілей в умовах сталого розвитку басейну ріки [14]. Інтегровані підходи реалізуються в структурно-функціональній схемі при розробці Планів управління річковим басейном, при реалізації завдань моніторингу, формалізації окремих задач забезпечення екологічних та економічних цілей, для умов цілісного управління річковим басейном на основі інформаційних технологій.

**Інформаційні технології як інструментарій для системного управління за басейновим принципом.** Для реалізації планів управління розробляються інформаційні та інформаційно аналітичні системи підтримки прийняття рішень. Структура інформаційної технології на концептуальному, логіко-математичному і фізичному рівнях передбачає вдосконалення оцінки якості вод у системі моніторингу, поєднання методу управління подачі води споживачам із процесом оздоровлення річок, забезпеченням сценарного аналізу варіантів управління за басейновим принципом з багатокритеріальною оптимізацією цих варіантів за еколого-економічними критеріями, що відображають умови сталого розвитку [15, 16, 17]. Інформаційна технологія має бути адаптована до умов басейну конкретної річки.

Розробка інформаційних технологій пов'язана з розробкою і використанням методів управління, математичних моделей та

програмних комплектів, що є предметом створення методичних вказівок з розробки Планів управління річковими басейнами.

Як приклад інформаційної технології пропонується технологія поліпшення екологічного стану русла р. Інгулець, забезпечення необхідної кількості та нормативної якості води для зрошення сільськогосподарських культур. Промивка русла здійснюється дніпровською водою, яка подається каналом Дніпро-Інгулець з Карачунівського водосховища [15]. Обсяг річної водоподачі з наступним скиданням складає більше 120 млн. куб. м., у тому числі 100 млн. куб. м. за рахунок підприємств Кривбасу.

Для еколого-економічного обґрунтування варіантів управління подачею води та промивкою ріки розробляються різні сценарії динаміки руху водного потоку та поширення забруднень. Сценарії оцінюються за еколого-економічними критеріями, оптимальне рішення стосовно системи управління визначається на основі багатокритеріальної оптимізації, зокрема за використанням принципу Парето.

Обґрунтована технологія здійснює подачу води малими витратами для запобігання виходу забруднень на заплаву.

До того ж на заплаві не відбувається накопичення відкладень, насичених небезпечними забруднювачами. У подальшому подається витрата 20 м<sup>3</sup>/с протягом меншого часу (10 діб), у зв'язку з чим відбувається економія води порівняно зі сценарієм І. Це дає змогу на деякому етапі, при перевищенні забруднюючих речовин у пункті забору біля ГНС Інгулецької зрошувальної системи, організувати, в межах виділеного ліміту води, другий імпульс (рис. 2).

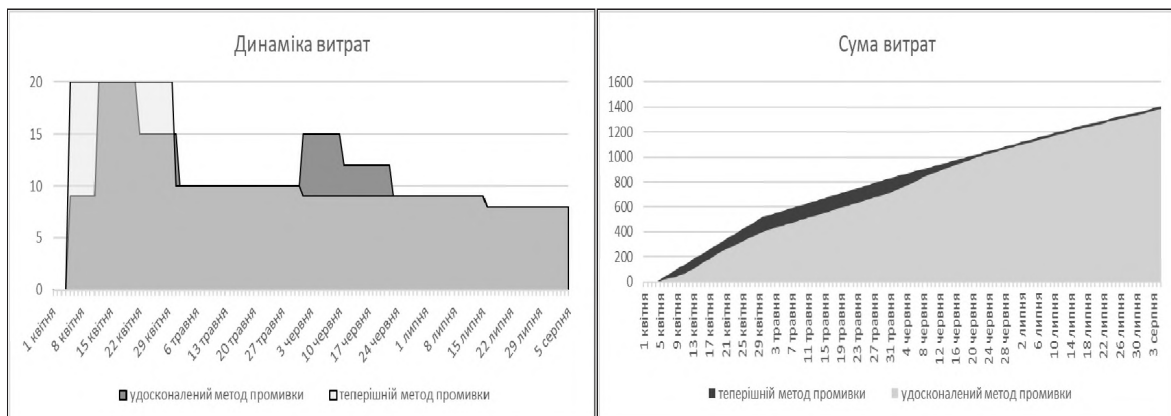


Рис. 2. Динаміка витрати води при різних методах управління промивкою

Другий імпульс подається після 1-го червня на основі даних моніторингу якості води в створі Інгулецької ГНС та потреб на зрошення (рис. 3). Якщо якість води перевищує рівень ГДК, імпульс подається для здійснення промивки протягом 10 діб витратами 15 м<sup>3</sup>/с, а

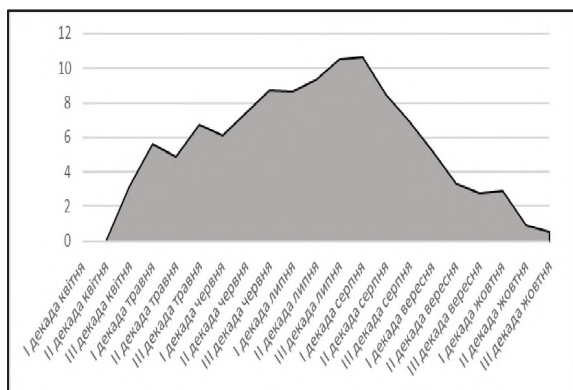


Рис. 3. Середньодекадні за 2013-2017 рр. об'єми забору води на Інгулецьку зрошувальну систему

в подальшому витратами 12 м<sup>3</sup>/с до суттєвого зниження рівнів концентрації ГДК показника.

**Висновки.** Запропоновані методологічні особливості концепції системного управління водокористуванням за басейновим принципом дозволяють розробляти заходи до Планів управління річковим басейном, виходячи із сучасних положень Директиви ЄС щодо забезпечення економічного зростання та досягнення доброго екологічного стану.

Концепція системного управління передбачає використання інтегрованих підходів для складання планів управління річковим басейном, а реалізацію цих планів слід здійснювати на основі інформаційних технологій сценарного аналізу та управління. У структурно-функціональній схемі показані обернені зв'язки для адаптивної реалізації планів управління річковим басейном. До того ж басейн розглядається як цілісна система з фіксацією меж, моніторинговими дослідженнями, внутрішніми і зовнішніми зв'язками, ресурсами та цілями управління.

#### Бібліографія

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities. 22.12.2000, ENL327/1.
2. Стацюк В., Яцик А. Україна на шляху до басейнового принципу управління водними ресурсами // Водне господарство України, 2007. № 4. С. 6–10.
3. Стацюк В. А. Наукові засади управління водогосподарсько-меліоративним комплексом України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 06.01.02 «Сільськогосподарські меліорації» Київ, 2009. 36 с.
4. Інтегроване управління водними і земельними ресурсами на меліорованих територіях: монографія. Київ: Аграрна наука, 2016. 784 С.
5. Климчик О. М., Пінкіна Т. В., Пінкін А. А. Впровадження системи інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом // Scientific Journal «ScienceRise». 2018. №4(45). С. 36–40
6. Dukhovny, V., Sokolov, V., Manthrithilake, H.: Integrated Water Resources Management: Putting Good Theory into Real Practice. Central Asian Experience. SIC ICWC, Tashkent (2009).
7. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» від 4 жовтня 2016 року № 1641-VIII.
8. Постанова Кабінету Міністрів України від 18 травня 2017 р. № 336 «Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном».
9. Згуровський М.З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. Київ: Видавнича група ВНУ, 2007. 544 с.
10. Ковальчук П.І., Ковальчук В.П. Системне управління як розвиток інтегрованого управління водним режимом меліорованих територій // Вісник НУВГП. Рівне, 2015. Вип. 3(71). С. 19–23.
11. Sekhri A. Arezki, Hamdadou B. Djamilia, & Beldjilali C. Bouziane (2015). AQUAZONE: A Spatial Decision Support System for Aquatic Zone Management. I.J. Information Technology and Computer Science, Vol.7, No.4. Retrieved from <http://www.mecspress.org/ijitcs/ijitcs-v7-n4/IJITCS-V7-N4-1.pdf>
12. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление. Под ред. К.С.Холинга. Москва: Мир., 1981. 396 с.

13. Seng Mah, D., Putuhena, F., N.A. bt Rosli. Modelling of river flushing and water quality in a tributary constrained by barrages. *Irrigation and Drainage Systems, Volume 25, Issue 4, pp 427–434* (2011).

14. Порівняльний аналіз систем управління промивкою р. Інгулець на основі моделювання / Ковальчук В. П. та ін. // Міжнародна науково-практична конференція, присвячена Всесвітньому дню води «Природа для води» 22.03.2018 р.: тези доп. Київ, С. 84-85.

15. Коваленко Р. Ю. Удосконалення управління промивкою річки Інгулець на основі сценарного моделювання // Меліорація і водне господарство. Київ: Аграрна наука, 2017. №106. С. 53–57

16. Kovalchuk P., Balykhina H., Demchuk O., Kovalchuk V. Modeling of water use and river basin environmental rehabilitation / Комп'ютерні науки та інформаційні технології CSIT 2017: Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції CSIT 2017. Львів: Видавництво «Вежа і Ко», 2017. Том 1. 468–472 p.

17. Kovalchuk Pavlo, Balykhina Hanna, Kovalenko Roman, Demchuk Olena, & Rozhon Viacheslav (2018). Information technology of the system control of water use within river basins. *Advances in Computer Science for Engineering and Education, 123–132.*

### References

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // *Official Journal of the European Communities. 22.12.2000, ENL327/1.*

2. Stashuk, V.A. & Yatsyk, A.V. (2007). *Ukraine na shlyahu do baseynovoho pryntsyphu upravlinnia vodnymy resursamy* [Ukraine is on the way toward the basin principle of water resources management]. *Vodne hospodarstvo Ukrainy, 4, 6–10.* [in Ukrainian].

3. Stashuk, V.A. (2009). *Naukovi zacady upravlinnia vodohospodars'ko-melioratyvnyim kompleksom Ukrainy* [Scientific basis of the water industry management of Ukraine]. Candidate's thesis. Kyiv: IWPLR [in Ukrainian]

4. *Integrovane upravlinnia vodnymy i zemel'nymy resursamy na meliorovanyh terytoriiakh* [Integrated management of water and land resources within reclaimed area]. (2016). Kyiv: Agrarna nauka. [in Ukrainian].

5. Klymchuk, O. M., Pinkina, T. B. & Pinkin, A. A. (2018). *Vprovadzhennia systemy integrovanooho upravlinnia vodnymy resursamy za baseinovyim pryntsepom* [Adaptation of the integrated water resources management system based on the basin principle]. *Scientific Journal «Science Rise», 4(45), 36–40.* [in Ukrainian].

6. Dukhovny, V., Sokolov, V., Manthrithilake, H. (2009). *Integrated Water Resources Management: Putting Good Theory into Real Practice. Central Asian Experience.* Tashkent: SIC ICWC.

7. *Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchyh aktiv Ukrainy shchodo vprovadzhennia integrovanyh pidhodiv v upravlinni vodnymy resursamy za baseinovyim pryntsepom» vid 4 zhovtnia 2016 roky № 1641-VIII.* [The Law of Ukraine «On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on Implementation of Integrated approaches to the of Water Resources Management based on basin principle» of October 4, 2016, No. 1641-VIII] [in Ukrainian]

8. *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 travnia 2017 roky № 336 «Pro zatverdzhennia Poriadku rozroblennia planu upravlinnia richkovym baseynom»* [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 18, 2017, No. 336 «On Approval of the Procedure for the Development of the River Basin Management Plan»].

9. Zghurovs'kyi, M.Z., & Pankratova, N. D. (2007). *Osnovy systemnoho analizu* [Fundamentals of system analysis]. Kyiv: Vydavnycha grupa BHV. [in Ukrainian].

10. Kovalchuk, P.I., & Kovalchuk V.P. (2015) *Systemne upravlinnia yak rozvytok integrovanooho upravlinnia vodnym rezhytom meliorovanyh terytorii* [System management as the integrated management development of the water regime of the reclaimed area]. *Visnyk NUVGP, 3(71), 19–23.* [in Ukrainian].

11. Sekhri A. Arezki, Hamdadou B. Djamilia, & Beldjilali C. Bouziane (2015). *AQUAZONE: A Spatial Decision Support System for Aquatic Zone Management. I.J. Information Technology and Computer Science, Vol.7, No.4.* Retrieved from <http://www.mecspress.org/ijitcs/ijitcs-v7-n4/IJITCS-V7-N4-1.pdf>

12. Holling, K.S. (Ed.). *Ekolohicheskie sistemy. Adaptativnaia ozenka e upravlenie* [Ecological systems. Adaptive assessment and management]. Moskva: Mir.

13. SengMah, D., Putuhena, F., N.A. btRosli (2011). Modelling of river flushing and water quality in a tributary constrained by barrages. *Irrigation and Drainage Systems*, 25, 427–434.

14. Kovalchuk, P.I., Kovalenko, P.Yu., Balykhina, H.A. & Rozhon V.A. (2018). Porivnial'nyi analiz system upravlinnia promyvkoiu richky Inhulets` na osnovi modeliuvannia [Comparative analysis of flushing control systems for Ingulets River on the basis of modeling]. *Mizhnarodna nauk.-praktych. konf., prysviachena Vsesvitnomu dniu vody «Pryroda dlia vody»* [International scientific and practical conference devoted to the World Water Day «Nature for Water»]. Kyiv, 84–85. [in Ukrainian].

15. Kovalenko, P.Yu. (2017). Udoskonalennia upravlinnia promyvkoiu richky Inhulets` na osnovi stsenarnoho modeliuvannia [Improvement of flushing control for Ingulets river based on scenario modeling]. *Melioratsia i vodne hospodarstvo*. Kyiv: Agrarna nauka, 106, 53–57. [in Ukrainian]

16. Kovalchuk, P.I., Balykhina, H.A., Demchuk, O.S., & Kovalchuk, V.P (2017). Modeling of water use and river basin environmental rehabilitation. *CSIT 2017: Materialy XII Mizhnarodnoi nauk.-technich.konf.* Lviv, 468–472. [in Ukrainian].

17. Kovalchuk, P.I., Balykhina, H.A., Kovalenko, R.Yu., Demchuk, O.S., & Rozhon, V.A. (2018). Information technology of the system control of water use within river basins. *Advances in Computer Science for Engineering and Education*, 123–132. [in Ukrainian].

**П.И. Ковальчук, Р.Ю. Коваленко, А.А. Балыхина**

**Методологические особенности концепции системного управления водопользованием по бассейновому принципу**

Приведены методические особенности формирования системы управления водными ресурсами по бассейновому принципу. Системное управление водопользованием рассматривается как развитие интегрированного управления водными ресурсами по следующим направлениям: иерархический подход, интегрированный подход по территориальному принципу, интегрированный подход по видам управления, интегрирование по экологическим и экономическим целям управления. Представленную структурно-функциональную схему системного управления. При реализации планов управления водными ресурсами в бассейне реки рекомендуется использовать информационные технологии.

**P. Kovalchuk, R. Kovalenko, H. Balykhina**

**Methodological features of the concept of water use system management using basin principle**

The methodical features of the formation of a water resources management system using basin principle are presented. System management of water use is considered as the development of integrated water resources management in the following areas: hierarchical approach, integrated approach according to the territorial principle, integrated approach by management types and integration according to environmental and economic management objectives. The structural-functional scheme of system management is proposed. Information technology is recommended to use during implementation of the water management plans within the river basin.