

УДК 626.01:330.131

## ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ЗАХИСТОМ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ ВІД ШКІДЛИВОЇ ДІЇ ПОВЕРХНЕВИХ І ҐРУНТОВИХ ВОД

---

В.І. ПЕТРОЧЕНКО

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Визначено та систематизовано загальні структурно-функціональні властивості систем захисту від шкідливої дії поверхневих і ґрунтових вод. Запропоновано методологічний підхід до інтегрованого управління захистом сільських територій від шкідливої дії вод, в основу якого покладено як технічні, так і економічні критерії оцінювання превентивних заходів захисту.*

**Ключові слова:** шкідлива дія вод, системний аналіз, відвернені збитки, превентивні заходи захисту територій від затоплення і підтоплення, проектні рішення, управлінські рішення, інвестиції

**Проблема та її актуальність.** На початку XXI ст. проблема води визначається як глобальна проблема людства, що створюється як нестачею води в посушливих районах, так і її надлишком на територіях, що потерпають від постійного або періодичного перезволоження земель, підтоплення, паводків і повеней. Збитки від шкідливої дії поверхневих і ґрунтових вод завдаються великим площам у межах територіальних районів або регіонів [1]. Тому проблема захисту те-

© В.І. Петрович, 2013

Меліорація і водне господарство. 2013. Вип. 100

риторій від шкідливої дії вод є загальнодержавною і розв'язується в Україні шляхом розробки та впровадження державних програм [2], в яких наводиться загальний концептуальний підхід до захисту територій від паводків та підтоплення, перелік основних заходів та обсяги інвестицій на їхню реалізацію. Державні програми слугують підставою для розробки проектів захисту від шкідливої дії вод та їхнього впровадження. Але, на відміну від підприємницьких проектів, ефективність яких обґрунтовують, наприклад за методикою [3], проекти захисту від шкідливої дії вод не орієнтовані на отримання явного прибутку, вони є непривабливими для приватних інвесторів, тому їх розробляють на основі досвіду та інтуїції проектувальників за кошти з державного бюджету.

**Мета досліджень** – підвищення конкурентоспроможності проектів захисту територій від шкідливої дії вод та ефективності вкладення в них інвестицій на основі вдосконалення методології інтегрованого управління.

**Результати досліджень.** В останні роки термін «інтегроване управління» набув широкого використання, його розуміють як перший етап сталого розвитку водних та земельних ресурсів, екологічних і виробничих систем. Проте існуючі підходи до інтегрованого управління мають два загальних недоліки:

- недостатньо повна детермінація структурних елементів систем та їхніх функціональних зв'язків, а відтак управління розвитком систем здійснюють на основі суб'єктивного бачення, наприклад «водного бачення», або із застосуванням математичних методів прогнозування та розв'язання слабоструктурованих задач [4];

- недостатнє врахування економічного фактора в управлінні ресурсно-виробничими системами [5], де цей фактор має бути домінантним, оскільки створення та розвиток таких систем ініціюється економічними потребами.

Структурно-функціональним аналізом систем захисту від шкідливої дії вод (рис. 1) було детерміновано загальні властивості систем. За характером спричинення шкідливої дії вод системи поділено на три основні групи: *а*, *б*, *в* (рис. 1). До групи *а* віднесено системи захисту від шкідливої дії поверхневих вод – паводків і повеней. У групу *б* входять системи захисту територій (земельних ділянок) від підтоплення і перезволоження ґрунтовими водами природного характеру. До групи *в* належать системи захисту територій від підтоплення ґрунтовими водами техногенного характеру, внаслідок

фільтрації води з каналів і водоймищ, зрошення, скидів води на промислових підприємствах і в житлово-комунальних господарствах.

У межах кожної групи системи сформовано за спільними принципами, у зв'язку з чим мають подібні структурно-функціональні властивості та спільні критерії аналізу й оцінювання технічної і економічної ефективності.

Головним спільним принципом формування структурно-функціональних властивостей систем захисту є те, що їхні проектні рішення обирають на основі двох функціонально протилежних альтернатив – гальмування надходження води на певну територію або прискорення відведення її за межі території.

Перша альтернатива захисту – це гальмування потоку води, який рухається або може рухатись у напрямі території, де він може завдати шкоду. У системах захисту групи *а* гальмування потоку поверхневих паводкових вод здійснюють шляхом його акумулювання у водосховищах, польдерах. У системах групи *б* гальмування потоку ґрунтових вод виконують за допомогою протифільтраційних завіс на водозбірних територіях, а також за допомогою запірно-регулювальних споруд на каналах і колекторах відведення ґрунтових вод. У системах групи *в* гальмування (зменшення) потоку ґрунтових вод проводять за допомогою таких методів: використання протифільтраційних екранів і завіс на водоймищах, каналах, відстійниках-накопичувачах промислових та шахтних вод; впровадження науково обґрунтованих норм зрошення, нормування житлово-комунального і промислового водоспоживання; застосування технічно надійної запірно-регулювальної арматури на дощувальних машинах, водогонках, трубопроводах, системах каналізації.

Друга альтернатива захисту – це прискорення руху потоку води з території, де він може завдати шкоду, або відведення потоку води за межі цієї території. У системах групи *а* прискорення потоку паводкових вод здійснюють шляхом інженерного регулювання русел паводковонебезпечних річок. У системах групи *б* відведення ґрунтових вод за межі територій (земельних ділянок) є завданням осушувальних меліорацій, яке вирішують за допомогою відкритого та закритого дренажу. У системах групи *в* відведення ґрунтових вод техногенного характеру відбувається переважно за допомогою глибокого горизонтального, вертикального і променевого дренажу із застосуванням насосних станцій за потребою відкачування дренажних вод.

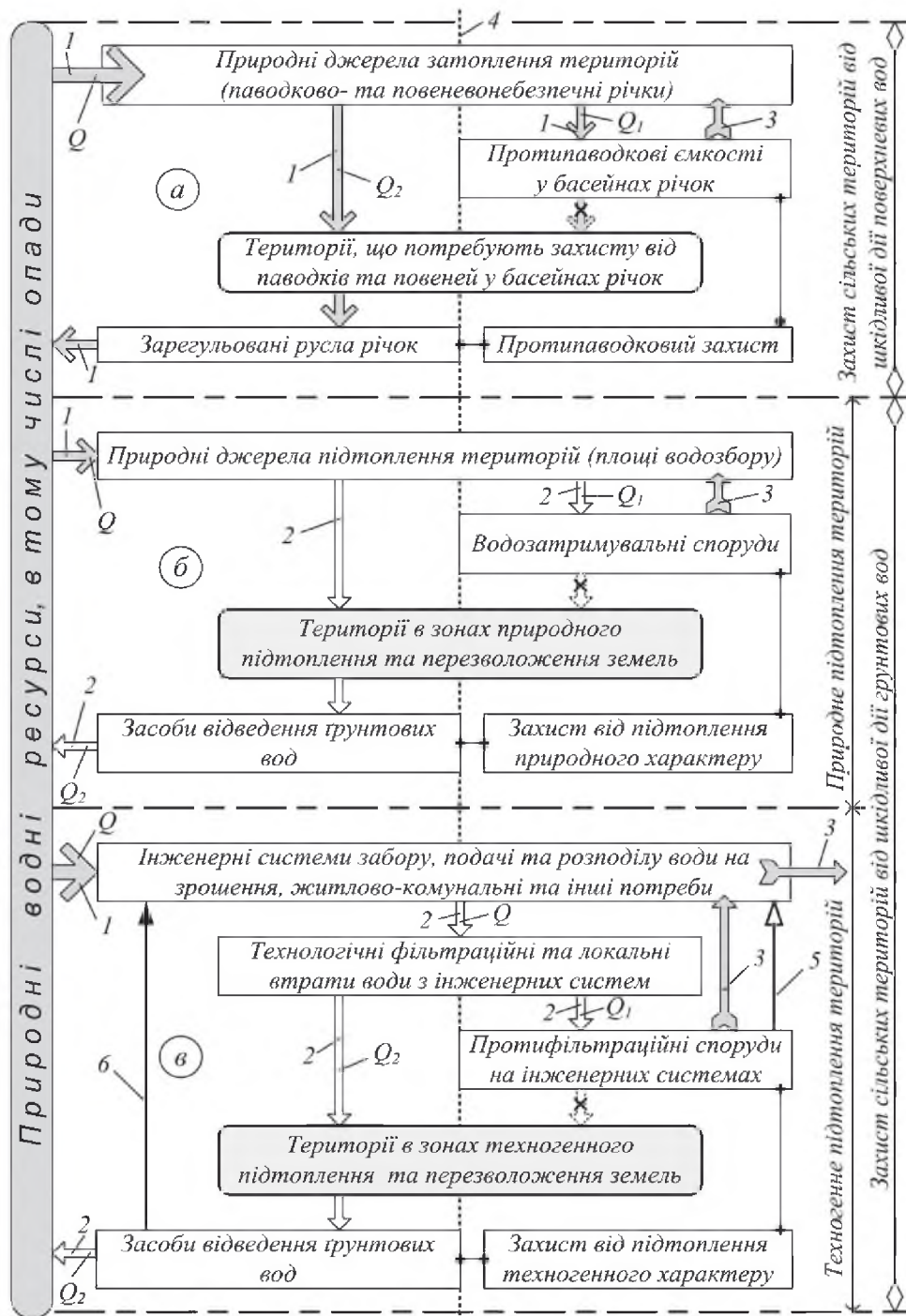


Рис. 1. Структурно-функціональний аналіз захисту територій від шкідливої дії вод:

*a* – захист від паводків і повеней; *б* – захист від природного підтоплення; *в* – захист від техногенного підтоплення; 1 – поверхнева вода; 2 – ґрунтова вода; 3 – споживча (товарна) вода; 4 – вісь біфуркації; 5 – захист конструкцій споруд від шкідливої дії поверхневих вод; 6 – захист споруд систем подачі споживчої води від шкідливої дії ґрунтових вод

Захист від шкідливої дії вод доцільно оцінювати фізичним показником – базисом і економічним показником – розміром відвернених збитків. За базис доцільно прийняти величину витрат потоку поверхневих або ґрунтових вод  $Q$ , який потрапляє на певну територію і є надлишковим відносно припустимої (нормативної) величини витрат  $Q_0$  (рис. 2). Очевидно, що у разі захисту території тільки за однією альтернативою будемо мати  $Q=Q_1$  або  $Q=Q_2$ .

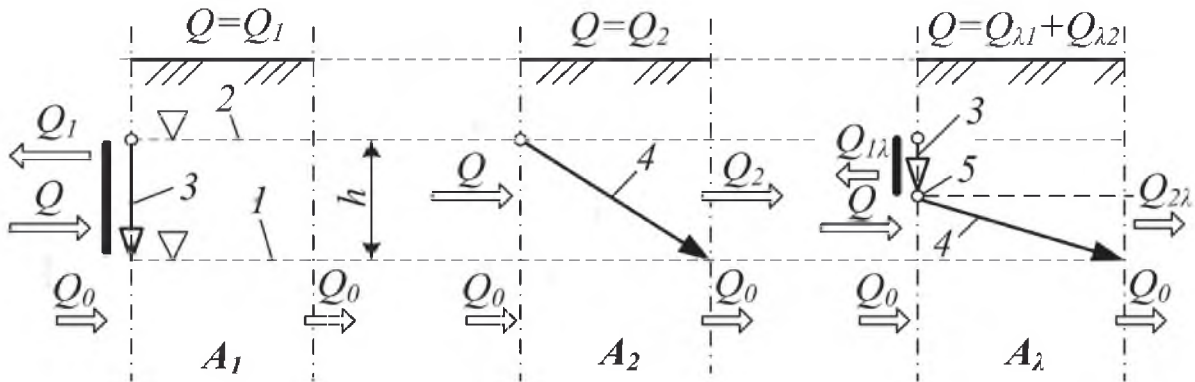


Рис. 2. Розподілення базису за альтернативами захисту від шкідливої дії вод:

$A_1, A_2, A_\lambda$  – перша, друга і комбінована альтернативи захисту території;  
 $1$  – нормативний параметр (рівень) води, при якому не відбувається шкідлива дія вод на території;  $2$  – фактичний або можливий параметр води, при якому відбувається або може відбуватись шкідлива дія вод на території;  $3$  – вплив протифільтраційної завіси;  $4$  – вплив дренажу;  
 $5$  – точка біфуркації базису

Для захисту територій від шкідливої дії поверхневих і ґрунтових вод у багатьох випадках доцільно використовувати альтернативу  $A_\lambda$ , яка є комбінацією альтернатив  $A_1$  і  $A_2$ , де  $\lambda$  – показник ділення (точка біфуркації) базису  $Q$ , за яким визначається частка базису  $Q_{1\lambda}$ , що припадає на першу альтернативу. Доцільність біфуркації базису  $Q \rightarrow Q_{1\lambda} + Q_{2\lambda}$  підтверджується тим, що витрати  $B_{1\lambda}$  і  $B_{2\lambda}$  на здійснення заходів за альтернативою  $A_\lambda$  є увігнутими функціями аргументу  $\lambda$  на інтервалі  $0 \leq \lambda \leq 1$ :

$$B_{1\lambda} = B_1 \lambda^\alpha; \quad (1) \quad B_{2\lambda} = B_2 (1 - \lambda)^\beta; \quad (2) \quad B_\lambda = B_{1\lambda} + B_{2\lambda}; \quad (3)$$

де  $B_1$  і  $B_2$  – будівельні та експлуатаційні витрати на здійснення заходів захисту від шкідливої дії вод за альтернативами  $A_1$  і  $A_2$ ;  $B_\lambda$  – витрати на здійснення заходів захисту від шкідливої дії вод за комбінованою альтернативою  $A_\lambda$ ;  $\alpha$  і  $\beta$  – показники ступенів аргументу  $\lambda$  ( $\alpha > 1$ ;  $\beta > 1$ ).

За таких умов завжди  $B_\lambda < B_1$ ;  $B_\lambda < B_2$ .

Оптимальне значення  $\lambda^{opt}$ , при якому досягаються мінімальні витрати  $B_\lambda^{min}$  за альтернативою  $A_\lambda$ , знаходять методом біфуркації базису, спрощений та зручний для проектувальників, варіант якого наведено у [6].

Визначення базису  $Q$  захисту від шкідливої дії вод та оптимального значення  $\lambda^{opt}$  точки біфуркації базису є найбільш важливою, складною та трудомісткою процедурою інтегрованого управління захистом територій. У [6] наведено методичний підхід до прогнозування базису захисту від паводків та величини відвернених збитків на майбутній розрахунковий період протипаводкового захисту на підставі аналізу гідрологічних параметрів паводкових ситуацій та еколого-економічних збитків від паводків за минулі роки. У системах захисту від шкідливої дії ґрунтових вод базис  $Q$ , оптимальну точку його біфуркації  $\lambda^{opt}$  та параметри захисних споруд необхідно визначати на основі розрахунків.

Позитивний еколого-економічний ефект від здійснення заходів захисту від шкідливої дії вод на  $s$ -й території розраховують на один рік ( $\Pi_s^p$ ) та на період експлуатації системи захисту цієї території ( $\Pi_s$ ) за формулами:

$$\Pi_s^p = BZ_s^p + \Delta PB_s^p + \Delta PC_s^p = (BZ^{Ekn} + BZ^{Ekl} + BZ^{Cu})_s^p + \Delta PB_s^p + \Delta PC_s^p; \quad (4)$$

$$\Pi_s = BZ_s + \Delta PB_s + \Delta PC_s = (BZ^{Ekn} + BZ^{Ekl} + BZ^{Cu})_s + \Delta PB_s + \Delta PC_s, \quad (5)$$

де  $BZ_s$  – величина відвернених збитків, що складається з економічних  $BZ^{Ekn}$ , екологічних  $BZ^{Ekl}$  і соціальних  $BZ^{Cu}$  відвернених збитків;  $\Delta PB_s$  – додатковий позитивний ефект, який забезпечується заходами раціонального використання поверхневих і ґрунтових вод, позначеними на рис. 1 поз. 3 (використання вод протипаводкових водосховищ для видобутку електроенергії та для зрошення, використання дренажних вод для зрошення в системах подвійного регулювання, збільшення об'ємів товарної води завдяки зменшенню фільтраційних втрат);  $\Delta PC_s$  – додатковий позитивний ефект від підвищення технічної надійності споруд (водоймищ, гребель, облицювань каналів), який на рис. 1 позначений поз. 5 і 6 і забезпечується підвищенням протифільтраційних та дренажних властивостей споруд.

Проекти захисту від шкідливої дії вод, як і інші інвестиційні проекти, потребують обґрунтування економічної ефективності. Проте дослідженнями встановлено, що традиційна методика оцінювання

ефективності інвестиційних проектів за величиною чистого дисконтованого доходу (ЧДД), яка широко використовується у світовій практиці [3], недостатньо ефективна для здійснення як диференційованого, так і для інтегрованого економічного аналізу проектів захисту від шкідливої дії вод.

Графіком 1 (рис. 3, а), побудованим за традиційною методикою, визначають ЧДД і точку  $t_0$  окупності інвестицій. Графік 1 можна розкласти на два графіки – 2 і 3 (рис. 3, а), оскільки ЧДД є алгебраїчною сумою дисконтованого доходу (ДД), який у даному разі оцінюється позитивним ефектом  $\Pi_s$  (графік 2), розрахованим за формулою (4), і дисконтованих витрат (ДВ), що, в свою чергу, поділяються на дисконтовані капітальні (ДК) та експлуатаційні витрати (графік 3). Графіками 2 і 3 відображається вже більша кількість економічних показників, але проводити диференційований та інтегрований економічний аналіз заходів захисту від шкідливої дії вод за цими графіками також незручно.

Для практичного виконання економічного аналізу проектів заходів захисту від шкідливої дії вод за їхнього інтегрованого управління пропонується:

1. При дослідженні систем захисту економічні, екологічні та соціальні параметри систем оцінювати у вартісних показниках, тобто за єдиним критерієм. Методику визначення збитків від шкідливої дії вод і відповідних їм відвернутих збитків апробовано за техніко-економічного обґрунтування «Схеми комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Дністер, Прут та Сірет» та наведено у [6].

2. Вартісні показники заходів визначати шляхом їхнього дисконтування в цінах періоду початку будівництва об'єкта інженерного захисту від шкідливої дії вод ( $t = 0$ ) або періоду початку його експлуатації ( $t = t_{ne}$ ).

3. Графіки 3 і 4 на відрізку часу  $t_{ne} \leq t \leq t_0$  вважати лінійними, а строк окупності інвестицій  $\Delta t_0 = t_0 - t_{ne}$  знаходити за умовою  $ДД(t_0) = ДВ(t_0)$  (рис. 3):

$$W_s(t) = \frac{ДД(t_0)}{ДВ(t_0)} = \frac{\Pi_s^p \Delta t_0}{K_s + Be_s^p \Delta t_0} = 1, \quad (6)$$

де  $W_s(t)$  – показник ефективності заходів захисту  $s$ -ї території, залежний від часу  $t$ ;  $\Pi_s^p$  – річний позитивний ефект, визначений за формулою (4);  $K_s$  – капіталовкладення в об'єкти інженерного захисту від шкідливої дії вод  $s$ -ї території;  $Be_s^p$  – річні експлуатаційні витрати.

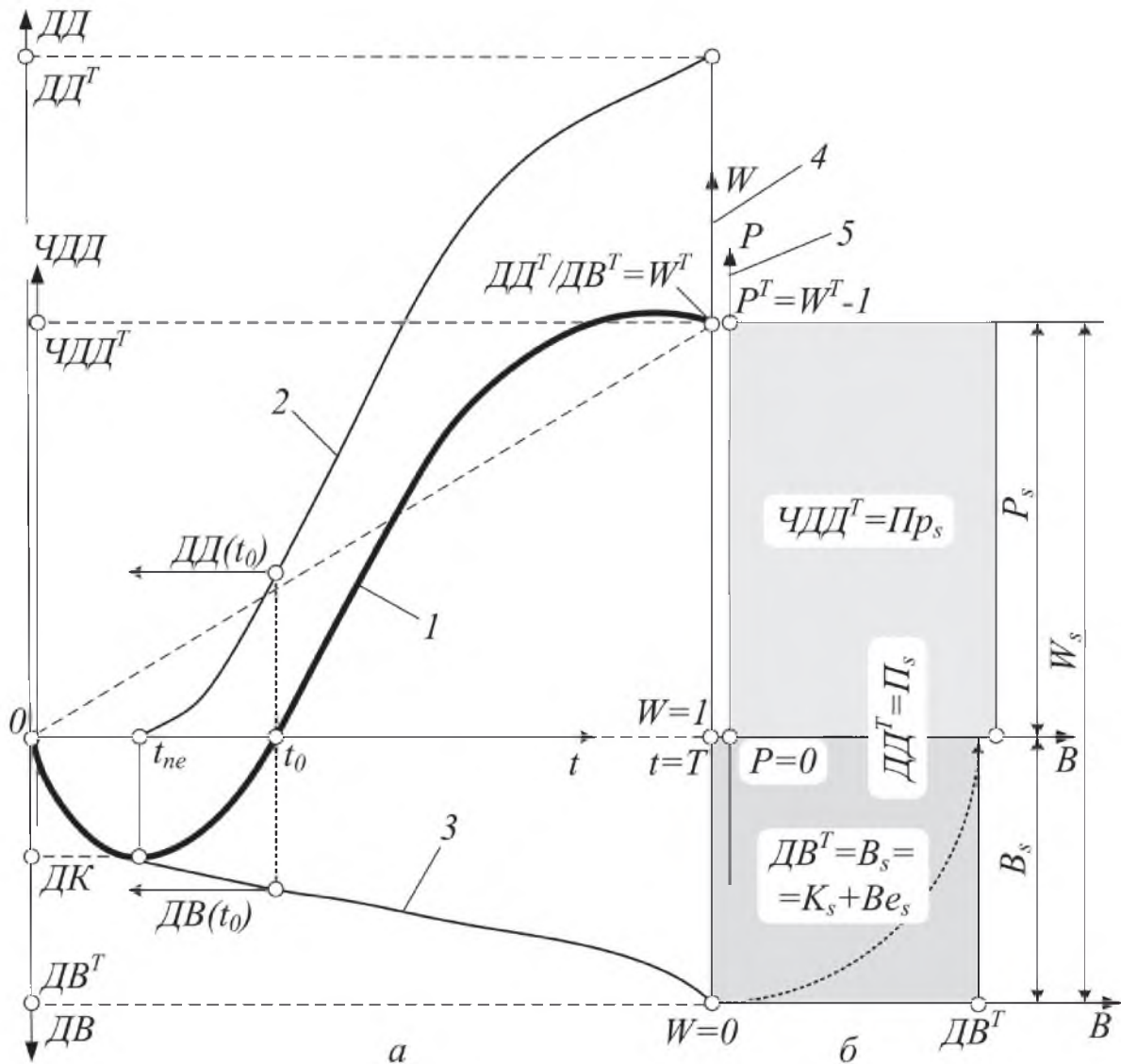


Рис. 3. Удосконалення методичних засад з економічного обґрунтування заходів захисту від шкідливої дії вод за потребою інтегрованого управління ними:

*а* – обґрунтування проекту заходів традиційним способом; *б* – обґрунтування проекту способом диференційованого аналізу позитивних ефектів та витрат на здійснення заходів; 1 – графік чистого дисконтованого доходу; 2 – графік дисконтованого доходу; 3 – графік дисконтованих витрат; 4 – вісь показника ефективності  $W$ ; 5 – вісь рентабельності  $P$

4. За проведення диференційованого аналізу заходів захисту  $s$ -ї території, територію вважати окремим диференціалом, а економічні показники заходів захисту її відобразити замість традиційного графіка 1 (рис. 3, *а*) стовпчиком гістограми (рис. 3, *б*) в координа-



тах  $WOB$  і  $POB$ , де  $W$  – показник ефективності,  $P$  – рентабельність заходів, розрахованих на кінець строку  $T$  їхньої реалізації. Ширина стовпчика та площа його нижньої частини відповідають величині витрат  $B_s$  на здійснення заходів на  $s$ -й території (розміру інвестицій). Загальна висота стовпчика відповідає показнику  $W_s$  ефективності заходів захисту  $s$ -ї території. Висота верхньої частини стовпчика відповідає рентабельності заходів  $P_s$  ( $P_s = W_s - 1$ ). Загальна площа стовпчика відповідає величині позитивного еколого-економічного ефекту  $\Pi_s$ , розрахованого за формулою (5). Площа верхньої частини стовпчика відповідає величині прибутку  $\Pi_{ps}$  від здійснення заходів.

5. При виконанні інтегрованого економічного аналізу заходів захисту від шкідливої дії вод комплексу  $S$  територій ( $s \in S$ ) спочатку для кожного  $s$ -го диференціалу ( $s$ -ї території) обґрунтовують найбільш конкурентоспроможний варіант проектного рішення в інноваційному напрямі  $I$  прийняття проектних рішень (рис. 4), застосовуючи при цьому новітні методи обґрунтування оптимальних проектних рішень, у тому числі метод біфуркації базису. Під час обґрунтування проектних рішень пропонується врахувати базу вже відпрацьованих перспективних технічних рішень захисту від шкідливої дії вод, наприклад [7–15], а також методики розрахунку параметрів захисних споруд, наприклад [15]. Потім найкращий варіант проектного рішення заходів на  $s$ -му диференціалі відображають згідно з п. 4 у вигляді стовпчика гістограми, який розміщують на площині прийняття управлінських рішень у координатах  $WOB$  і  $POB$ , наприклад варіант, визначений за методом біфуркації базису та позначений поз. 2 на рис. 4.

Кінцевим етапом інтегрованого управління проектами заходів комплексного превентивного захисту територій від шкідливої дії вод є прийняття управлінських рішень щодо вкладення інвестицій у проекти, які в умовах обмеження загальних інвестицій  $[K]$  у капітальне будівництво захисних споруд мають найвищі показники ефективності  $W$  (рис. 4).

**Висновки.** Проекти систем захисту від шкідливої дії поверхневих і ґрунтових вод не мають комерційної привабливості для приватних інвесторів, їх розробляють та реалізують переважно за кошти з державного бюджету, тому в основу їхньої розробки та впровадження слід закладати високоефективні науково обґрунтовані проектні й управлінські рішення.



проектування; інтегрованого аналізу проектів з визначенням стратегії їхнього пріоритетного інвестування і впровадження в межах територіального району, регіону, басейну річки.

1. *Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання* / М.І. Ромащенко, Д.П. Савчук; за ред. М.І. Ромащенка. – К.: Аграр. наука, 2002. – 304 с.

2. *Державна цільова програма комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Дністра, Пруту та Сірету* (схвалена постановою КМУ від 27.12.2008 року № 1151).

3. *Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов* (вторая редакция). – М.: Экономика, 2000. – 422 с.

4. *Згуровский М.З. Интегрированные системы оптимального управления и проектирования: учеб. пособие для техн. вузов* / Згуровский М.З. – К.: Вища школа, 1990. – 350 с.

5. *Реализация принципов интегрированного управления водными ресурсами в странах Центральной Азии и Кавказа. Обзорный доклад GWP SACSNA*. – Ташкент, 2004. – 129 с.

6. *Петроченко В.І. Еколого-економічна ефективність протипаводкових заходів* / В.І. Петроченко, В.А. Сташук. – К.: ДІУЕВР, 2009. – 62 с.

7. *А.с. 1386695 (СССР). Грунтовая плотина с противофильтрационным ядром* / Петроченко В.И. – Оpubл. в Б.И. – 1984. – № 13.

8. *А.с. 1585438 (СССР). Способ сооружения земляной плотины* / Петроченко В.И. – Оpubл. в Б.И. – 1990. – № 30.

9. *А.с. 1763557 (СССР). Способ укладки противофильтрационной завесы и устройство для его осуществления* / Петроченко В.И. – Оpubл. в Б.И. – 1992. – № 35.

10. *Патент России № 2018578. Способ укладки глубокого горизонтального дренажа* / Петроченко В.И. – Оpubл. в Б.И. – 1994. – № 16.

11. *Патент України № 3281. Роз'єднувальний пристрій для бетонування траншей* / Петроченко В.І. – Оpubл. в Бюл. – 1994. – № 6–1.

12. *Патент України № 3284. Спосіб спорудження дренажних колодязів та пристрій для його здійснення* / Петроченко В.І. – Оpubл. в Бюл. – 1994. – № 6–1.

13. *Патент України № 92544. Спосіб будування підземних дренажно-протифільтраційних споруд* / Петроченко В.І. – Оpubл. в Бюл. – 2010. – № 18.

14. *Патент України на корисну модель № 33748. Берегоукріплювальне покриття* / В.І. Петроченко, О.В. Петроченко. – Оpubл. в Бюл. – 2008. – № 13.

15. *Петроченко В.І. Методика обґрунтування та розрахунку параметрів берегоукріплювальних покриттів гірських річок* / В.І. Петроченко,

О.В. Петроченко // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. – Київ, КНУБІА, 2011. – Вип. 16. – С. 149–158.

*Установлены и систематизированы общие структурно-функциональные свойства систем защиты от вредного воздействия поверхностных и грунтовых вод. Предложен методологический подход к интегрированному управлению защитой сельских территорий от вредного воздействия вод, в основу которого положены как технические, так и экономические критерии оценки превентивных мер защиты.*

*Established and systematized common structural and functional properties of the system of protection against the harmful effects of surface and ground water. Methodological approach to integrated rural protection from the harmful effects of water, which is based on both technical and economic criteria for evaluating preventive measures of protection.*