

УДК 626.01:626.82:338.43

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗРОШУВАЛЬНИХ КАНАЛІВ

В.І. ПЕТРОЧЕНКО, канд. тех. наук,
Інститут водних проблем і меліорації НААН

Розглянуто проблему підвищення ефективності використання зрошувальних каналів в умовах їх довготривалої експлуатації і потреби збільшення обсягів зрошення в Україні. З позицій системного аналізу наведені основні напрямки та методичні засади рішення цієї проблеми з урахуванням економічних критеріїв, технічного стану каналів та наслідків шкідливої дії фільтрації.

Ключові слова: складні системи, рентабельність, зрошувальний канал, товарна вода, шкідлива дія вод, фільтрація, протифільтраційний захист

Проблема та її актуальність. Для подальшого розвитку агропромислового комплексу та підвищення продовольчої безпеки України нині виникла гостра потреба відновлення зрошення, яке порівняно з 1990 р. скоротилося у 4 рази. Першим етапом відновлення зрошення є відновлення зрошувальних систем та підвищення ефективності їх роботи [1]. Майже усі зрошувальні системи України та зрошувальні канали були побудовані за «Масштабною програмою розвитку меліорації» (1966 р.). Після довготривалої (понад 30-40 років) експлуатації зрошувальні канали потребують відновлення, реконструкції, модернізації, а також застосування нових економічно доцільних режимів подачі і розподілу води.

Враховуючи головний недолік вітчизняних виробничих структур, а саме відносно низький рівень їх конкурентоспроможності, вважається, що для рішення проблеми відновлення зрошувальних систем потрібен більш досконалий науково-методологічний інструментарій. Якщо раніше для прийняття управлінських рішень щодо будівництва меліоративних систем достатньо було встановити можливість отримання від меліорації збільшення врожаїв та певного прибутку, то зараз, в умовах зростаючого дефіциту матеріальних і енергетичних ресурсів, необхідно доводити, що саме ці, а не інші, проектні і управлінські рішення меліоративних заходів є найкращими.

Метою роботи є обґрунтування основних напрямків інноваційної діяльності з удосконалення зрошувальних каналів та підвищення ефективності їх використання в умовах відновлення та розвитку зрошуваного землеробства.

Методика досліджень. Дослідження виконували з позицій системного аналізу та

синергетики, що дозволило проаналізувати проблему на новій науково-методологічній основі та розробити методичні засади її вирішення.

Результати досліджень. Використовуючи синергетичний підхід, заснований у 1969 р. Г. Хакеном, який набув в останні роки широку популярність у науковому середовищі [2], було встановлено, що складні системи розвиваються у базисному напрямку у вигляді гілок, починаючи від вихідних матеріальних ресурсів до утворення кінцевого продукту або об'єкта, а також у альтернативному напрямку, де базисні гілки у певному ієрархічному порядку функціонально з'єднуються. Кожна базисна гілка закінчується її певним кінцевим базисним об'єктом, а базисна гілка найвищого ієрархічного рівня закінчується кінцевим базисним продуктом або об'єктом усієї складної системи. Під складною системою у системному аналізі розуміється не тільки система вже сформованих матеріальних об'єктів на стадії їх сумісного функціонування, наприклад система працюючих каналів чи зрошувальна система, а й повний комплекс інших взаємопов'язаних об'єктів на усіх стадіях розвитку системи для забезпечення можливості досягнення основної функції системи.

На найвищому рівні досліджуваної складної системи початковим базисним об'єктом є вода, що подається у канал, а кінцевим – вода, що подається споживачам. Оскільки базисний об'єкт усієї системи повинен займати вищий і до того ж фіксований ієрархічний рівень, а кількість ієрархічних рівнів системи на початку досліджень невідома, то найвищий рівень доцільно вважати нульовим, а нижчі позначати від'ємними цифрами.

Річна витрата води G , що подається у канал, розподіляється так:

$$G = G_k + G_{em} = G_k + G_{\phi} + G_{mc} + G_{en}, \quad (1)$$

де G – річна витрата води брутто, тис. м³/рік; G_k – корисна витрата води нетто, тис. м³/рік; G_{em} – загальні втрати води з каналу, тис. м³/рік; G_{ϕ} – втрати води на фільтрацію, тис. м³/рік; G_{mc} – втрати на технологічні скиди, тис. м³/рік; G_{en} – втрати води на випаровування, тис. м³/рік.

Відповідно до розподілу загальної витрати води G комплекс інноваційних заходів, що розроблюються, доцільно поділити на три блоки (рис. 1), кожен з яких розглядається як окремий напрямок здійснення заходів.

За першим напрямком здійснюються заходи, спрямовані на збільшення об'ємів G_k споживання води з каналів шляхом відновлення та модернізації мережі розподілу води з каналів, налагодження взаємовигідних контрагентських відносин між постачальниками і споживачами води тощо. Ці заходи вважаються першочерговими, оскільки не потребують значних інвестиційних вкладень. Вони оцінюються такими показниками:

$$D_k = \Pi G_k; \quad (2)$$

$$Z_{bp} = Z_{bp}^l G_{bp} + Z_{ексн} + Z_{нт}; \quad (3)$$

$$W_k = D_k / Z_{bp}; \quad (4)$$

$$\Delta D_{os} = \Pi \Delta G_k; \quad (5)$$

$$\Delta Z_{os}^l = \Delta Z_{os} / T_{os}; \quad (6)$$

$$W_{os} = \Delta D_{os} / \Delta Z_{os}^l; \quad (7)$$

де D_k – дохід від реалізації води, тис. грн./рік; Π – ціна послуг на подачу товарної води (далі ціна на воду), грн./м³; G_k – річний об'єм подачі води споживачам нетто, тис. м³/рік; Z_{bp} – затрати на подачу води в канал, тис. грн./рік; Z_{bp}^l – затрати на подачу 1 м³ води в канал, грн./м³; G_{bp} – річний об'єм подачі води в канал брутто, тис. м³/рік; $Z_{ексн}$ – річні експлуатаційні затрати по обслуговуванню каналу, тис. грн./рік; $Z_{нт}$ – збитки від підтоплення прилеглих до каналу територій, тис. грн./рік; W_k – показник ефективності подачі води споживачам до відновлення каналу; ΔD_{os} – додатковий дохід від збільшення об'ємів споживання води з каналу, тис. грн./рік; ΔG_k – збільшення об'ємів споживання води з каналу внаслідок здійснення додаткових заходів, тис. м³/рік; ΔZ_{os} – загаль-

ні затрати на здійснення додаткових інженерних заходів, тис. грн.; ΔZ_{os}^l – річні затрати на здійснення додаткових заходів, тис. грн./рік; T_{os} – очікуваний строк дії ефекту від додаткових заходів, рік; W_{os} – показник ефективності здійснення додаткових інженерних та експлуатаційних заходів.

Згідно раніше проведених досліджень [3] встановлено, що втрати води з каналів G_{em} , які складаються з втрат води на фільтрацію G_{ϕ} , технологічні скиди G_{mc} і випаровування G_{en} , не залежать від корисної витрати води в каналах G_k і за умови незмінності (умовної незмінності) у часі протифільтраційних властивостей каналу можуть бути розраховані за формулою:

$$G_{em} = G_{нт}^{np} \frac{1 - K_{np}}{K_{np}}. \quad (8)$$

де $G_{нт}^{np}$ – витрата води в каналі за проектом будівництва зрошувальної системи нетто, тис. м³/рік; K_{np} – коефіцієнт корисної дії каналу за проектом.

Разом з тим розрахунковий коефіцієнт корисної дії каналів залежить від корисної витрати води в каналах G_k і визначається за формулою:

$$K_p = \frac{G_k}{G_k + G_{нт}^{np} \frac{1 - K_{np}}{K_{np}}} = \frac{\beta}{\beta + \frac{1 - K_{np}}{K_{np}}}, \quad (9)$$

де $\beta = G_k / G_{нт}^{np}$ – коефіцієнт зменшення фактичної витрати G_k відносно $G_{нт}^{np}$.

У сучасних умовах експлуатації каналів маємо такі співвідношення:

$$G_k < G_{нт}^{np}; \beta < 1; K_p < K_{np}. \quad (10)$$

Здійснення першочергових заходів буде сприяти збільшенню витрати води нетто G_k на величину ΔG_k , що забезпечить отримання додаткового доходу ΔD_{os} (4). Якщо на каналі облаштувати нові точки водовиділу, у тому числі водозабори для систем водопостачання населених пунктів, то експлуатаційні показники каналу можуть бути підвищені і навіть перевищити проектні:

$$(G_k + \Delta G_k) \geq G_{нт}^{np}; \beta \geq 1; K_p \geq K_{np}. \quad (11)$$

Формула (9) справедлива, якщо замість G_k підставити в неї $G_k + \Delta G_k$.

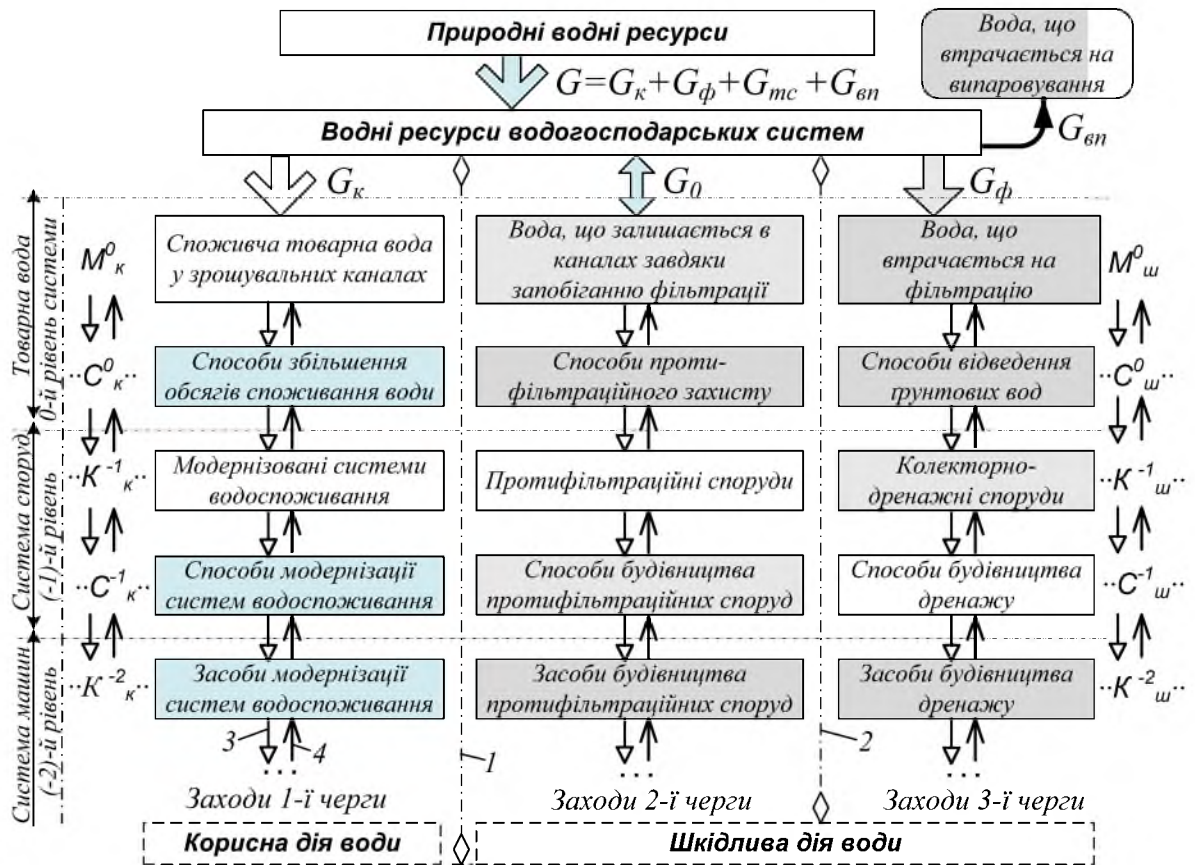


Рис. 1. Загальна координаційна схема підготовки інноваційних рішень заходів з відновлення та інтенсифікації роботи зрошувальних каналів:

1 – вісь біфуркації першого порядку; 2 – вісь біфуркації другого порядку; 3 і 4 – напрям підготовки і напрям реалізації проектних конструктивно-технологічних рішень

Заходами другої черги з відновлення та інтенсифікації роботи каналів вважаються протифільтраційні заходи, які оцінюються такими показниками:

$$D_{nf} = \psi G_0 + BZ^{nf}_{nm}; \quad (12)$$

$$G_0 = \lambda G_f = \lambda \psi G_{от}; \quad (13)$$

$$Z^1_{nf} = Z_{nf} / T_{np}; \quad (14)$$

$$W_{nf} = D_{nf} / Z^1_{nf}; \quad (15)$$

де D_{nf} – дохід від протифільтраційних заходів, тис. грн./рік; G_0 – річний об’єм води, що залишається в каналі завдяки виконанню протифільтраційних заходів, тис. м³/рік; λ – показник ефективності роботи протифільтраційних споруд ($0 < \lambda < 1$); ψ – коефіцієнт, який визначає частку втрат води на фільтрацію G_f від загальних втрат води з каналу $G_{от}$ ($\psi = 0,93 \dots 0,96$); Z_{nf} – загальні затрати на виконання протифільтраційних заходів, тис.

грн.; T_{np} – очікуваний строк дії ефекту від протифільтраційних заходів, рік; Z^1_{nf} – затрати на виконання протифільтраційних заходів, що припадають на один рік, тис. грн./рік; BZ^{nf}_{nm} – відвернені протифільтраційними заходами збитки від підтоплення прилеглих до каналу територій, які розраховуються на один рік, тис. грн./рік; W_{nf} – показник ефективності протифільтраційних заходів.

Заходами третьої черги з відновлення та інтенсифікації роботи каналів передбачено захист від шкідливої дії вод на прилеглих до каналу територіях. До цих заходів, головним чином, відноситься будівництво дренажу та протифільтраційних завіс, ефективність яких оцінюється показниками:

$$D_{op} = BZ^{op}_{nm} \quad (16)$$

$$Z^1_{op} = Z_{op} / T_{op}; \quad (17)$$

$$W_{op} = D_{op} / Z^1_{op}; \quad (18)$$

де D_{op} – позитивний ефект (дохід) від здійснення заходів будівництва дренажу, тис. грн./рік; BZ_{mm}^{op} – відвернені дренажем збитки від підтоплення прилеглих до каналу територій, що припадають на один рік, тис. грн./рік; Z_{op} – загальні затрати на будівництво дренажу, тис. грн.; T_{op} – очікуваний строк дії дренажу, рік; Z_{op}^l – затрати на будівництво дренажу, що припадають на один рік, тис. грн./рік; W_{op} – показник ефективності здійснення заходів від підтоплення.

Відвернені збитки BZ_{mm}^{op} і BZ_{mm}^{op} , що враховуються у формулах (12) і (16), вважаються за позитивний ефект і складаються з відвернених економічних, екологічних і соціальних збитків, які можуть бути розраховані за методикою [4].

Для трьох блоків конструктивно-технологічних рішень (рис. 1) їх взаємозв'язок у альтернативному (вертикальному) напрямку аналітично відображається у вартісних показниках системою рівнянь:

$$\begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} 0\text{-й} \\ \vdots \\ (-1)\text{-й} \\ \vdots \\ (-2)\text{-й} \\ \vdots \\ (-3)\text{-й} \end{array} \right\} \text{Ієрархічні рівні системи} \\ \left. \begin{array}{l} Z_v^0 = B_v^0 + \sum_{\theta=1}^{Y^0} \frac{Z_{\theta}^{-1}}{R_{\theta}^{-1}} (r_{\theta}^{-1})_v^0 \\ Z_{\theta}^{-1} = B_{\theta}^{-1} + \sum_{\eta=1}^{Y^1} \frac{Z_{\eta}^{-2}}{R_{\eta}^{-2}} (r_{\eta}^{-2})_{\theta}^{-1} \\ Z_{\eta}^{-2} = B_{\eta}^{-2} + \sum_{z=1}^{Y^2} \frac{Z_z^{-3}}{R_z^{-3}} (r_z^{-3})_{\eta}^{-2} \\ Z_z^{-3} \end{array} \right\} (19) \end{array}$$

де Z_z^{-3} , Z_{η}^{-2} , Z_{θ}^{-1} , Z_v^0 – затрати на спорудження (виготовлення) z -го, η -го, θ -го і v -го об'єктів на відповідно (-3)-му, (-2)-му, (-1)-му і 0-му рівнях системи; B_z^{-3} , B_{η}^{-2} , B_{θ}^{-1} і B_v^0 – витрати на придбання матеріалів і заробітну платню при спорудженні η -го, θ -го і v -го об'єктів на відповідно (-2)-му, (-1)-му і 0-му рівнях системи; R_z^{-3} , R_{η}^{-2} і R_{θ}^{-1} – загальний розрахунковий ресурс (мото-часи, довговічність тощо) практичного використання z -го, η -го і θ -го об'єктів, споруджених відповідно на (-3)-му, (-2)-му і (-1)-му рівнях; $(r_z^{-3})_{\eta}^{-2}$, $(r_{\eta}^{-2})_{\theta}^{-1}$ і $(r_{\theta}^{-1})_v^0$ – частки ресурсів R_z^{-3} , R_{η}^{-2} і R_{θ}^{-1} , які використовуються при спорудженні η -го, θ -го і v -го об'єктів на відповідно (-2)-му, (-1)-му і 0-му рівнях.

Для досягнення високої конкурентоспроможності проектних рішень пропонується в процесі їх підготовки на кожному ієрархічному рівні системи замість інтуїтивних методів застосовувати детерміновані методи, наприклад метод базисної гілки, наведений у [5]. Зваживши на те, що базисним об'єктом складної системи є вода, для оптимального розподілення витрат G_k , G_{θ} і G_{ϕ} доцільно застосовувати метод біфуркації базису, наведений у [6].

Таким чином, за результатами досліджень розробку заходів відновлення та інтенсифікації роботи зрошувальних каналів доцільно виконувати у такій послідовності. Спочатку здійснюють підготовку інноваційних рішень заходів за трьома основними напрямками їх здійснення, користуючись схемою (рис. 1) та застосовуючи новітні методи пошуку проектних рішень. Потім встановлюють взаємозв'язок конструктивно-технологічних рішень за вартісними показниками, використовуючи систему рівнянь (19). Основні економічні показники заходів визначають за формулами (2)...(7) і (12)...(18). Ефективність роботи каналу до здійснення заходів з його відновлення оцінюють за показником W_k , який розраховують за формулою (4). Ефективність інноваційних заходів за трьома основними напрямками оцінюють показниками $W_{оз}$, $W_{нф}$ і $W_{оп}$, які розраховують за формулами (7), (15) і (18). Якщо показники інноваційних заходів кращі за показник W_k , приймають рішення щодо здійснення останніх. Пріоритет здійснення надають інноваційним заходам, які мають найбільший показник ефективності з множини $\{W_{оз}, W_{нф}, W_{оп}\}$.

У наведених вище методичних засадах відсутні рекомендації з визначення ціни на воду C , яка враховується у формулах (2), (5) і (12). Постає потреба розробки такого методичного підходу, який би мав достатньо високий рівень наукового обґрунтування ціни на воду, поєднував переваги як вільного, так і керованого ринку, був придатним та зручним для практичного застосування, сприяв сталому розвитку як водного, так і сільського господарства.

Згідно А. Сміту [7], за вільних ринкових відносин ціна на товари однакової якості, що реалізуються в одному місці, має тенденцію до вирівнювання. За результатами досліджень складних систем встановлено, що вказана закономірність вирівнювання ціни на

товари в умовах вільного ринку є наслідком (похідною) іншої закономірності – вирівнювання у часі рентабельності надання послуг виконавцем, у тому числі продавцем товару, і рентабельності отримання цих послуг їхнім одержувачем, у тому числі покупцем товару. Вирівнювання у часі рентабельності у взаєморозрахунках з позицій системного аналізу пояснюється можливістю в умовах вільного ринку переміщення продуктивних сил у ті структурні складові системи, де рентабельність їх використання вища. При цьому закономірність вирівнювання у часі рентабельності спостерігається не тільки між складовими виробничої системи, вона має місце і між виробничими системами і навіть галузями економіки, де в умовах керованого ринку її вже враховують. Так, згідно єдиної сільськогосподарської політики ЄС, у розвинених індустриальних країнах для запобігання витоку з сільського господарства продуктивних сил, системою сільськогосподарського субсидування витрачається близько 50% бюджету ЄС.

Згідно проведеним системним дослідженням встановлено, що закономірність вирівнювання у часі рентабельності у взаємодії

складових елементів системи є не прямою, а похідною іншої закономірності – вирівнювання у часі показника ефективності W , яким у системних дослідженнях доцільно замінити рентабельність P , враховуючи залежність:

$$W=P+1. \quad (20)$$

На стадії вкладення інвестицій показник W прийнято називати індексом дохідності інвестицій. Але його можна назвати ще й градієнтом доходу, оскільки в економіці він має такий же сенс, що і градієнт напору у гідравліці. Водні потоки більш інтенсивно рухаються там, де градієнт напору більший, а ресурсні потоки виробничих систем там, де більший градієнт доходу. У системі з обмеженими фінансовими, матеріальними, трудовими ресурсами переміщення ресурсів та їх обмін закінчується з настанням ресурсообмінного балансу.

Попередньо приймається що ціна на воду Π повинна бути еластичною. Перший розрахунок ціни на воду здійснюють на початку обґрунтування заходів з відновлення зрошувальних каналів за принципом ресурсообмінного балансу:

$$W_{zp} = \frac{\Delta D_y}{\Pi + \Delta Z_{zp}}; \quad W_k = \frac{\Pi G_k}{Z_{op}}; \quad W_{zp} = W_k \quad \text{або} \quad \frac{\Delta D_y}{\Pi + \Delta Z_{zp}} = \frac{\Pi G_k}{Z_{op}}, \quad (21)$$

де W_{zp} – показник ефективності використання сільгоспвиробником води для зрошення; W_k – показник ефективності подачі води з каналу для зрошення до здійснення заходів; ΔD_y – додатковий дохід від збільшення врожаїв при використанні для зрошення 1 м^3 води, грн./ м^3 ; ΔZ_{zp} – додаткові затрати сільгоспвиробника при використанні для зрошення 1 м^3 води, грн./ м^3 .

Відповідно до (21) ціна на воду Π визначається з квадратного рівняння:

$$G_k \Pi^2 + G_k \Delta Z_{zp} \Pi - \Delta D_y Z_{op} = 0; \quad (22)$$

$$\Pi = \frac{-G_k \Delta Z_{zp} + \sqrt{G_k^2 \Delta Z_{zp}^2 + 4G_k \Delta D_y Z_{op}}}{2G_k}. \quad (23)$$

Обмежувальним та одночасно стимулюючим критерієм доцільності використання зрошувальної води до і після здійснення інноваційних заходів є:

$$W_{zp} > W_{c/z} \quad \text{або} \quad \frac{\Delta D_y}{\Pi + \Delta Z_{zp}} > W_{c/z}, \quad \text{звідки} \\ \Pi < \frac{\Delta D_y}{W_{c/z}} - \Delta Z_{zp}, \quad (24)$$

де $W_{c/z}$ – показник ефективності комплексу інших агротехнічних заходів вирощування продукції рослинництва у господарстві споживача води з каналу.

Висновки. Відновлення зрошувальних каналів є першим етапом рішення проблеми відновлення та розвитку зрошення в Україні.

Встановлено три основних напрямки підготовки, наукового обґрунтування та реалізації інноваційних рішень заходів з відновлення та інтенсифікації роботи зрошувальних каналів, за якими, згідно запропонованих методичних засад, у першу чергу здійснюють заходи з модернізації існуючої мережі розподілу та облаштування систем додаткового споживання води з каналів, потім здійснюють протифільтраційні заходи на каналах, а в останню чергу – заходи захисту від підтоплення прилеглих до каналу територій.

Основним критерієм оцінки ефективності заходів із вдосконалення каналів, як на стадії підготовки інноваційних рішень, так і на стадії управління інвестиційними рішеннями, є показник ефективності, який визначається у вигляді відношення додаткового доходу від заходів до затрат на їх здійснення.

Використання наведених методичних заasad відновлення зрошувальних каналів та еластичного ціноутворення на зрошувальну воду буде сприяти сталому розвитку як водного, так і сільського господарства. Віднов-

лення та вдосконалення роботи каналів дозволить у межах прийнятної для водогосподарських організацій рентабельності знижувати ціну на товарну воду, що забезпечить підвищення економічних показників сільськогосподарського виробництва. А вдосконалення агротехнічних заходів з використанням зрошувальної води дозволить сільгоспвиробникам купувати воду за більш високою ціною в межах прийнятної для них рентабельності, що забезпечить економічне зростання водного господарства.

Бібліографія

1. Концепція відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України. / За наук. ред. М.І. Ромащенко. – К.: ЦП «Компринт», 2014. – 28 с.
2. Князева Е.Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 238 с.
3. Петроченко В.І. Корегування коефіцієнта корисної дії зрошувальних каналів залежно від корисної витрати води в них / В.І. Петроченко, В.А. Розгон // Водне господарство України. – 2015. – №5. – С.27-31.
4. Петроченко В.І. Еколого-економічна ефективність протипаводкових заходів / В.І. Петроченко, В.А. Сташук. – К.: ДУЕВР, 2009. – 62с.
5. Петроченко В.І. Методологія розробки системи машин для здійснення ефективних заходів захисту від шкідливої дії вод / В.І. Петроченко // Міжвід. темат. наук. зб. Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха. – 2013. – Вип. 98. – т. 1 – С. 541-550.
6. Петроченко В.І. Метод біфуркації базису та його застосування при розробці проектів захисту від шкідливої дії вод. / В.І. Петроченко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Водні ресурси України та меліорація земель» (22 березня 2013). – К.: Держсводоагентство, ІВПіМ НААН – 2013. – С. 12-14.
7. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. В 2 т. / А. Смит. – М.: Наука, 1993. – 570 с.

В.І. Петроченко

Основные направления инновационной деятельности по повышению эффективности использования оросительных каналов

Рассмотрена проблема повышения эффективности использования оросительных каналов в условиях их длительной эксплуатации и необходимости увеличения объемов орошения в Украине. С позиций системного анализа приведены основные направления и методические основы решения этой проблемы с учетом экономических критериев, технического состояния каналов и последствий вредного воздействия фильтрации.

V.I. Petrochenko

The main directions of innovation to improve the efficiency of irrigation canals

The problem of efficient use of irrigation canals in terms of their long-term operation and the need to increase irrigation capacity in Ukraine is investigated. From the standpoint of system analysis the basic directions and methodical basis to solve this problem are given, taking into account the economic criteria, the technical condition of canals and harmful effects of filtration.