

УДК 631.6

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЕКТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ ТА ЇХНЬОЇ ЗАГАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

**В.О. ТУРЧЕНЮК**, канд. тех. наук,

**Н.А. ФРОЛЕНКОВА**, канд. екон. наук,

**О.Ю. ТИМЕЙЧУК**, канд. тех. наук,

**А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ**, док. тех. наук,

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

*Обґрунтовано необхідність і розглянуто підходи до удосконалення технології розробки проектів реконструкції рисових зрошувальних систем та оцінювання їхньої загальної еколого-економічної ефективності. Проведено оцінювання економічної ефективності та інноваційної привабливості результатів наукових досліджень, обґрунтовано оптимальний склад заходів та черговості їх реалізації при реконструкції діючих рисових систем.*

**Ключові слова:** еколого-економічне оцінювання, проект реконструкції, рисова зрошувальна система, загальна ефективність

При проектуванні меліоративних заходів, в тому числі на рисових зрошувальних системах (РЗС), як правило, виникає значна кількість різних за технічними та технологічними рішеннями варіантів, які визначально впливають на економічну та екологічну ефективність від їхньої реалізації.

Зрештою, одна з головних цілей проектування полягає в пошуку оптимального проектного рішення з вибраної сукупності можливих варіантів. Сутність оптимізації при цьому зводиться до пошуку найкращого (з можливих) проектного рішення, яке дає мінімум (максимум) деякої цільової функції, що характеризує загальну (комплексну) ефективність об'єкта, що проектується. Отже для реалізації оптимізації головною умовою є наявність альтернатив, тобто сукупності можливих варіантів проектних рішень щодо природно-агро-меліоративних умов реального об'єкта.

У загальному випадку оптимальні рішення з вибору типу, конструкції, параметрів і схем роботи рисової системи відповідно до діючих нормативів визначаються залежно від конкретних умов реального об'єкта шляхом порівняння можливих альтернативних варіантів технічних і технологічних рішень за відповідно обраними показниками (критеріями) оптимальності. Метод оптимізації в такому випадку повинен ґрунтуватись на направленому порівнянні можливих варіантів з урахуванням практики водорегулювання на РЗС, що склалася, тобто поєднувати елементи евристичного підходу до прийняття рішень [1].

При проведенні масштабних досліджень і проектуванні складних природно-технічних еколого-економічних систем, якими є РЗС,

доцільно застосовувати на різних етапах оцінювання різні методологічні й методичні підходи для підвищення достовірності одержуваних результатів. Саме тому вважаємо за доцільне оцінювати проектні рішення у дві стадії [4]:

- попередня еколого-економічна оцінка альтернативних варіантів меліоративного проекту;

- остаточна інвестиційна оцінка варіантів проектних рішень та вибір найкращого з них.

Попереднє еколого-економічне оцінювання здійснюється на підставі ескізного проектування та визначених укрупнених і нормативних основних техніко-економічних показників за варіантами проекту.

У загальному випадку ескізні проекти – це попередні плани рішення поставленого завдання в конкретних умовах і, як правило, вони охоплюють розробку основних питань з невеликою кількістю показників. Етап ескізного проектування розробляється для концептуального визначення вимог до територіальних, функціональних, екологічних рішень об'єкта, принципового підтвердження можливості і доцільності його створення.

Загальноприйнятим підходом у сфері вибору оптимальних проектних рішень у галузі меліорації земель є орієнтація на їх економічну доцільність та екологічну прийнятність. Тобто, в загальному вигляді модель еколого-економічного оцінювання альтернативних варіантів меліоративного проекту може бути представлена у вигляді двох складових [5, 6]:

- економічна складова, виражена обраним критерієм оптимальності;

- екологічна складова, визначена неявно через оцінку сукупності фізичних показників.

Таким чином, із сукупності попередньо відібраних за техніко-технологічними параметрами варіантів проекту за визначеними еколого-економічними критеріями обирають один або декілька близьких за техніко-економічними показниками екологічно прийнятних варіантів проектних рішень для подальшої, вже більш детальної їх розробки та оцінки.

За вибраними на попередньому етапі перспективними з екологічної та економічної точок зору варіантами проекту розробляються, відповідно до діючих вимог, уточнюються прийняті конструктивні рішення та їхні технічні параметри, визначаються реальні обсяги основних будівельно-монтажних робіт, потреби в ресурсах тощо.

На відміну від стадії попереднього порівняльного еколого-економічного оцінювання на етапі остаточного інвестиційного оцінювання простих методів визначення економічної доцільності інвестицій вже недостатньо. Тому для інвестиційного оцінювання та остаточного вибору оптимального варіанту меліоративного проекту слід використовувати динамічні методи оцінки доцільності інвестицій, що відповідає сучасним вимогам проектного аналізу. На даному етапі відбір слід здійснювати за відповідним комплексом основних економічних критеріїв, що відповідають цілям та задачам інвесторів.

Таким чином, запропоновані принципи й підходи, які покладені в основу розробленої загальної моделі еколого-економічного обґрунтування оптимального для реалізації проекту будівництва чи реконструкції РЗС [2-7], відповідають сучасним вимогам проектного та інвестиційного аналізу. Вони орієнтовані на підвищення економічної ефективності та екологічної обґрунтованості розроблюваних конструктивно-технологічних рішень, що, в свою чергу, позначиться на зростанні обсягів інвестування меліоративних заходів.

Відповідно до [2, 3], загальна економічна ефективність відображає ефективність проекту з точки зору суспільства та економіки країни в цілому, враховує соціальну та екологічну значимість проекту. Відповідно до цього підходу формуються і показники результатів (ефекту) і затрат при економічних розрахунках.

Соціальні, екологічні та інші фактори, які на сьогодні важко оцінити у вартісній формі, розглядаються як додаткові показники народногосподарської ефективності і враховуються в процесі прийняття рішень щодо підтримки проекту експертним шляхом.

На підставі аналізу й узагальнення даних багаторічних досліджень ефективності функціонування Придунайських РЗС (1966-2016 рр.) нами було розроблено і рекомендовано виробництву комплекс агротехнічних та інженерно-меліоративних заходів, направлених на покращення еколого-меліоративного стану і загальної еколого-економічної ефективності зрошуваних земель рисових систем на основі удосконалення режимів, технології, конструкції, параметрів дренажу, технології повторного використання дренажно-скидних вод рисових систем (ДСВ).

Як альтернативні розглянуті такі варіанти:

**варіант 1** – як база порівняння щодо умов роботи РЗС у проектному режимі, який характеризується питомим вмістом рису на рівні 70...90% із включенням у сівзміну супутніх культур (багаторічні трави, зернові) на фоні в цілому несприятливого водного та сольового режимів зрошуваних земель, обумовлених прогресуючими процесами їх заболочування через завищені фактичні зрошувальні норми (до 25 тис. м<sup>3</sup>/га) та недостатньою дренаваністю поливних карт;

**варіант 2** – відображає умови роботи РЗС при запровадженні заходів, направлених на підвищення дренаваності рисових чеків за рахунок дооблаштування дренажної мережі у вигляді відкритих каналів закритими колекторами з урахуванням оптимальних параметрів швидкості вертикальної фільтрації на рисовому чеку 8...10 мм/добу з встановленням оптимального показника дольової частки рису в сівзміні – 50...60%, які відображають одночасно удосконалені режимні та технологічні аспекти водорегулювання на РЗС;

**варіант 3** – заходи за варіантом 2, плюс глибоке розпушення верхнього важководпроникного шару ґрунту на товщину 0,6 м;

**варіант 4** – заходи за варіантом 2, плюс запровадження повторного використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:1;

**варіант 5** – заходи за варіантом 2, плюс запровадження повторного використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:2;

**варіант 6** – заходи за варіантом 3, плюс повторне використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:1;

**варіант 7** – заходи за варіантом 3, плюс повторне використання ДСВ з їх розбавленням у співвідношенні 1:2;

**варіант 8** – робота РЗС у проектному режимі (варіант 1) з проведенням глибокого розпушення ґрунту на товщину 0,6 м.

Для оцінки загальної економічної й екологічної ефективності функціонування

Придунайських РЗС нами використана комплексна оптимізаційна модель згідно [1-3], економічна складова якої представлена класичною економіко-математичною моделлю, а екологічна складова представлена у вигляді обмеження відповідних граничних значень показників (критеріїв) екологічної ефективності варіантів проектних рішень, що розглядаються.

До того ж на стадії планової експлуатації РЗС за економічний критерій оптимізації технології водорегулювання приймається показник чистого доходу, що досягається за рахунок отримання певного об'єму вирощуваної сільськогосподарської продукції на рисовому полі чи системі в цілому при застосуванні різних варіантів технологічних рішень щодо можливих способів і схем водорегулювання на системі, зумовлених її типом, конструкцією, водозабезпеченістю тощо [8, 9].

У ролі економічного критерію та умови оптимізації конструкції і параметрів дренажу РЗС на стадії проекту вважаємо за доцільне розглядати показник приведених витрат з відповідним урахуванням погодно-кліматичного ризику при відхиленні водного режиму рисового поля від оптимального у розрахункові періоди роботи системи.

Показники загальної економічної ефективності, що входять до загальної моделі за варіантами меліоративного проекту, визначаються за відповідними формулами згідно [5, 8].

Як критерій екологічної ефективності нами розглянуто показник екологічної надійності  $k_n$ , граничні значення якого складають  $k_n \geq 0,5$  і який визначається за прийнятою сукупністю фізичних показників: за режимом рівня грун-

тових вод у поза вегетаційний період ( $Hg$ ), тривалістю його стояння нижче критичної глибини ( $T$ ), інтенсивністю фільтраційних процесів під затопленим рисовим полем ( $V$ ), ступенем засолення кореневмісного шару ґрунту ( $S$ ), зрошувальною нормою ( $M$ ), мінералізацією ґрунтових вод ( $G$ ) та ін.

Оцінювання економічної та екологічної ефективності виконане за питомими показниками різних альтернативних варіантів проектних рішень (ПР) з водорегулювання зрошуваних земель для умов реального проекту Кілійської РЗС.

Основні економічні показники за варіантами проектних рішень представлені в табл. 1.

Розрахунки з визначення основних економічних показників за варіантами проектних рішень з урахуванням їхньої зміни за роками розрахункової тепло- й вологозабезпеченості, що описують прогнозні зміни погодно-кліматичних умов, водного режиму та технології водорегулювання, а також продуктивності меліорованих земель у множинних змінних природно-агроекологічних умовах досліджуваного об'єкта, виконані за аналогією з [5].

Порівняльна характеристика та обґрунтування оптимального ПР за зведеними показниками їх економічної та екологічної ефективності, що отримані за відповідними методиками, наведена в табл. 2.

Наведені дані переконливо свідчать, що розроблений комплекс агротехнічних та інженерно-меліоративних заходів є економічно обґрунтованим та екологічно прийнятним у порівнянні з існуючими конструкцією та технологією водорегулювання при вирощуванні рису і супутніх культур в умовах Придунайських РЗС.

### 1. Основні економічні показники по системі за варіантами ПР, грн/га

№ з/п	Показник	Варіанти ПР							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Балансова вартість та капіталовкладення на реалізацію ПР	57291	63565	63565	63565	63565	63565	63565	57291
2	Поточні витрати:	20691	27801	285551	27860	29638	27860	28040	21441
	сільськогосподарські	8856	14125	14125	14500	14500	14500	14500	8856
	експлуатаційні	8970	10497	11247	10182	10287	10182	10362	9720
	амортизація основних фондів	2864	3178	3178	3178	3178	3178	3178	2864
3	Валова продукція	22387	53584	64820	55800	55800	55800	55800	27081
4	Чистий дохід	7424	32140	42625	34296	34191	34296	34116	11368

## 2. Обґрунтування оптимального ПР за зведеними показниками економічної та екологічної ефективності

№ з/п	Показник	Варіанти ПР							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Критерій економічної ефективності, ZPs	2,88	0,74	0,6	0,78	0,79	0,75	0,76	2,06
2	Критерій екологічної ефективності за показником надійності, $k_n$	0,41	0,87	0,63	0,75	0,78	0,81	0,83	0,53

З результатів оцінювання видно, що найнижче значення критерію економічної ефективності спостерігається на базовому варіанті, який передбачає умови роботи РЗС у проектному режимі, що свідчить про його неефективність порівняно з іншими варіантами. Цей же варіант має коефіцієнт екологічної надійності  $k_n = 0,41$ , що нижче за прийнятий рівень  $k_n \geq 0,41$ . Прийнятними як з екологічної, так і з економічної точки зору є варіанти 2-7. Найкращим з економічної точки зору є варіант 3, згідно з яким передбачається дообладнання відкритої дренажно-скидної мережі закритими дренами з міждренною відстанню  $B=100$  м та проведення глибокого розпушення ґрунту на товщину 0,6 м. Критерій екологічної надійності при цьому також досить високий – 0,63, що свідчить про його екологічну прийнятність.

Галузь рисівництва, як зрошувальне землеробство в цілому, є надзвичайно капіталоемною, а тому інвестування тут слід здійснювати за певної дольової участі держави та землекористувачів. Актуального значення набуває комерційна ефективність відповідного проекту.

Методика інвестиційного оцінювання проектів водогосподарського спрямування базується на таких засадах:

- використання показників, які безпосередньо пов'язані з основними цілями та завданнями проекту;
- відповідність системи обраних показників особливостям функціонування економіки країни, окремої галузі та інтересам основних учасників інвестиційного процесу;
- для проектів державного значення – орієнтація не стільки на економічну, скільки на екологічну і соціальну ефективність меліоративного проекту;
- для комерційних проектів – отримання доходу не нижче бажаного рівня, який, крім того, компенсує ризик невизначеності кінцевого результату;
- повна окупність вкладених засобів за рахунок доходів від реалізації проекту в межах терміну, прийняттого для інвестора.

Основними показниками, що використовують для обґрунтування оптимальних інвестиційних рішень, є показники, які можна розділити на дві основні групи: дисконтовані показники; показники, що не враховують фактор часу.

До дисконтованих відносяться показники, що враховують зміну вартості грошей у часі:

- дисконтований грошовий потік –  $PV$ ;
- чиста теперішня вартість –  $NPV$ ;
- індекс рентабельності інвестицій –  $PI$ ;
- внутрішня норма прибутковості –  $IRR$ ;
- дисконтований термін окупності –  $DPP$ ;
- дисконтований коефіцієнт ефективності інвестицій –  $ARRd$ .

До показників, що не враховують зміну вартості грошей у часі, відносять:

- коефіцієнт ефективності інвестицій –  $ARR$ ;
- термін окупності –  $PP$ ;
- максимум проектного прибутку –  $ACBP$ .

Результати інвестиційної оцінки альтернативних проектних варіантів, на основі яких визначено кращий варіант, наведено в таблиці 3.

Таким чином, здійснені розрахунки з інвестиційного оцінювання варіантів проектних рішень підтверджують як загальноекономічну, так і достатньо високу комерційну ефективність варіантів 3,4,6. Найвище значення показника  $NPV$  маємо за варіантом 3, яке дорівнює 93372,7, що свідчить про його найвищу інвестиційну ефективність. Термін окупності капіталовкладень для вищенаведених варіантів становить відповідно 2,75; 3,28; 3,16 років, що є досить перспективним і забезпечить швидке погашення інвестицій.

На кінцевому етапі проведеного комплексу оптимізаційних розрахунків режимних, технологічних та конструктивних рішень щодо підвищення ефективності функціонування РЗС часто зустрічаються з випадком, коли метою (ціллю) оптимізації є встановлення найкращої послідовності тих чи інших робіт, пов'язаних із впровадженням запланованих заходів, оскільки проведення

### 3. Результати інвестиційної оцінки варіантів проектних рішень щодо підвищення ефективності функціонування Придунайських РЗС

Показник	Варіанти проектних рішень							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Чиста теперішня вартість ( <i>NPV</i> ) з початку існування проекту, тис.грн	22954	78987	93372	80726	79840	85976	84482	16206
Індекс рентабельності інвестицій ( <i>PI</i> )	0,50	1,91	2,47	1,62	2,11	1,30	1,29	1,08
Внутрішня норма прибутковості ( <i>IRR</i> ),%	2,05	3,28	8,19	5,02	9,37	6,66	6,62	5,16
Термін окупності ( <i>PP</i> ) з початку існування проекту, роки	8,65	3,47	2,75	3,28	3,55	3,16	3,19	7,71

капітальної реконструкції меліоративних об'єктів вимагає значних капіталовкладень.

Для встановлення оптимальної черговості проведення робіт, пов'язаних із реконструкцією РЗС, нами використано метод динамічного програмування, в основу якого покладено принцип оптимальності Беллмана [10, 11]. Основна умова того, щоб цей принцип здійснювався, така: процес управління повинен бути без зворотного зв'язку, тобто керування на даному кроці не повинно впливати на попередні кроки.

Основне функціональне рівняння Беллмана можна записати в такому вигляді

$$F_{n-k}(X^k) = \max_{u_{k+1}} [W_{k+1}(X^{(k)}, U_{k+1}) + F_{n-k}(X_n^{(k+1)})], \quad (1)$$

де  $X^{(k)} = (x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)})$  – є сукупність чисел, що визначають стан системи  $S$  на  $k$ -му кроці і отримані в результаті керування  $U_k$ , яка забезпечує перехід системи  $S$  із стану  $k^{(k-1)}$  в  $k^{(k)}$ ;

$U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  – оптимальна стратегія керування;

$F_{n-k}(X^k)$  – прибуток, який отримується при переході будь-якого стану  $X^{(k)}$  в кінцевий стан  $X^{(n)}$  при реалізації оптимальної стратегії керування на решті  $(n - k)$  кроків.

Задача оптимального розподілу ресурсів за варіантами проектних рішень щодо запровадження комплексу технологічних та конструктивних заходів підвищення ефективності функціонування РЗС на стадії їх експлуатації розглядалась нами за умови отримання максимального загального прибутку.

Розрахунки показали, що загальні затрати на повну реконструкцію Придунайських РЗС, яка включає запровадження ресурсозберігаючої технології водокористування з комплексом заходів на підвищення ефективності їх функціонування з проведенням модерні-

зації насосних станцій та заміни і ремонту гідротехнічних споруд будуть становити 70...80 тис. грн/га. Як показали результати моделювання, найкращим рішенням щодо вкладання ресурсів на Придунайських РЗС є першочергове запровадження на них ресурсозберігаючої технології зрошення рису, яка потребує на її реалізацію 13...15 тис. грн/га, у поєднанні з реконструкцією карт-чеків, суть якої зводиться до дооснащення існуючої дренажно-скидної мережі закритими дренами, проведення глибокого розпушення ґрунту та влаштування приукісного дренажу для захисту дренажно-скидних каналів від руйнування їх русла. Друга черга реконструкції – це реконструкція насосних станцій, яка за укрупненими показниками в розрахунку на 1га площі рисової системи буде становити біля 20 тис. грн/га. І третя черга – це реконструкція гідротехнічних споруд на зрошувальній і дренажно-скидній мережі, яка потребує найбільших капіталовкладень – понад 35 тис. грн/га. Проводиться вона в останню чергу, аби окупились інвестиції попередніх етапів реконструкції.

Таким чином, залежно від фінансування, повні затрати на реконструкцію Придунайських РЗС можуть окупитись за 9...12 років.

**Висновки.** Можна стверджувати, що вибір оптимальних проектних рішень у галузі меліорації земель, в тому числі в рисівництві, повинен орієнтуватись на їх економічну та інвестиційну ефективність. У ролі економічного критерію та умови оптимізації конструкції і параметрів дренажу РЗС на стадії проекту доцільно розглядати показник приведених витрат. Показниками, що використовуються для обґрунтування оптимальних інвестиційних рішень є дисконтовані показники.

Здійснені розрахунки економічного та інвестиційного оцінювання розробленого й запропонованого комплексу заходів для підвищення ефективності функціонування РЗС підтверджують як загальноекономічну, так і достатньо високу їх комерційну ефективність.

### Бібліографія

1. Рокочинский А.Н. Анализ и оценка общей эффективности функционирования Придунайских рисовых оросительных систем: вчера, сегодня, завтра / А.Н. Рокочинский, В.А. Турченко, Н.В. Приходько, В.В. Заец // Научно-практический журнал «Природообустройство» (Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева). – Москва, 2015. – № 4. – С. 35-40.
2. Рис в Україні: [колективна монографія] / за ред. д.т.н., професора, член-кор. НААНУ В.А. Сташука, д.т.н., професора А.М. Рокочинського, д.е.н., професора Л.М. Грановської. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 976 с.
3. Рис Придунав'я: [колективна монографія] / за ред. В.А. Сташука, А.М. Рокочинського, П.І. Мендуса, В.О. Турченюка. – Херсон: Гринь Д.С., 2016. – 620 с.
4. Фроленкова Н.А., Кожушко Л.Ф., Рокочинський А.М. Еколого-економічна оцінка в управлінні меліоративними проектами. – Рівне: НУВГП, 2007. – 260 с.
5. Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія / За редакцією академіка УААН. Ромащенко М.І. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.
6. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України [науково-методичні рекомендації] / В.В. Дудченко, Грановська Л.М., Рокочинський А.М., Турченко В.О. та ін. – Херсон-Рівне. – 2011. – 104 с.
7. Турченко В.О. До оцінювання ефективності функціонування Придунайських рисових зрошувальних систем / В.О. Турченко, А.М. Рокочинський, П.І. Мендусь, С.П. Мендусь // Вісник національного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. праць. – Рівне, 2015. – Вип. 3(71). – Ч. 2. – С. 306-312.
8. Тимчасові рекомендації з оптимізації водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, Дуляк В.Д., Н.А. Фроленкова, П.П. Волк та ін. – Рівне, 2010. – 52 с.
9. Тимчасові рекомендації з економічного обґрунтування інвестицій в проекти зрошувальних систем / Н.А. Рокочинська, Л.Ф. Кожушко, А.М. Рокочинський, С.Р. Стасюк. – Рівне: УДУВГП, 2004. – 37 с.
10. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: учеб. пособие / П.В. Трусов. – М.: Логос, 2005. – 440 с.
11. Ашманов С.А., Тимохов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях – М.: Наука, 1991. – 154 с.

### **В.А. Турченко, Н.А. Фроленкова, О.Ю. Тимейчук, А.Н. Рокочинський** **Еколого-економічна оцінка проектів реконструкції** **рисових оросительних систем и их общей эффективности**

Обосновано необхідність и рассмотрены подходы к совершенствованию технологии разработки проектов реконструкции рисовых оросительных систем и оценки их общей эколого-економической эффективности. Проведена оценка экономической эффективности и инновационной привлекательности результатов научных исследований, обосновано оптимальный состав мероприятий и очередности их реализаций при реконструкции действующих рисовых систем.

### **V.A. Turchenyuk, N.A. Frolenkova, O.Y. Tymeichuk, A.N. Rokochynskyu** **Ecological and economic evaluation of the projects** **on rice irrigation systems and their general efficiency**

The necessity and the approaches to improving the technology of developing projects for the reconstruction of rice irrigation systems and assessing their overall ecological and economic efficiency are considered. The estimation of economic efficiency and innovative attractiveness of the results of scientific researches is carried out, the optimal composition of the measures and the priority of their implementation during the reconstruction of the existing rice systems is substantiated.