

УДК 631.559: 633.18.03

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОРЕГУЛЮВАННЯ  
ТА НОРМУВАННЯ ВОДО- Й ЕНЕРГОКОРИСТУВАННЯ  
ПРИДУНАЙСЬКИХ РЗС НА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ЗАСАДАХ  
З УРАХУВАННЯМ ЗМІН КЛІМАТУ**

---

А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ, В.О. ТУРЧЕНЮК, В.В. ЗАЄЦЬ, Н.В. ПРИХОДЬКО  
Національний університет водного господарства  
та природокористування

*Розглянуто удосконалення технології водорегулювання та нормування водо- й енергокористування Придунайських РЗС з дотриманням сучасних еколого-економічних вимог та врахуванням змін клімату.*

**Ключові слова:** удосконалення, технологія водорегулювання, нормування, водо- й енергокористування, рисові зрошувальні системи, еколого-економічні вимоги, зміни клімату

© А.М. Рокочинський, В.О. Турченко,  
В.В. Заєць, Н.В. Приходько, 2014

Меліорація і водне господарство. 2014. Вип. 101

**Постановка проблеми.** Щорічне споживання рису в Україні коливається від 180 до 200 тис. т і надалі має стійку тенденцію до збільшення. Тому однією із задач на етапі розвитку аграрного виробництва є відновлення потужностей галузі рисівництва та підвищення загальної технічної, технологічної, економічної та екологічної ефективності функціонування існуючих рисових зрошувальних систем (РЗС).

Підвищення ефективності функціонування РЗС, як складних природно-технічних об'єктів, є непростою проблемою, яка вимагає застосування відповідних комплексних і системних підходів до її вирішення.

Це потребує, зокрема, виконання таких завдань:

- оптимізація природно-меліоративного режиму засолених зрошуваних земель, що передбачає, перш за все, необхідність оптимізації показника інтенсивності фільтрації при поверхневому поливі провідної культури рису і супутніх культур рисової сівозміни за рахунок обґрунтування певного співвідношення між подачею і відведенням води на рисовій системі;

- удосконалення технології водорегулювання з урахуванням сучасних економічних та екологічних вимог до формування режиму водоподачі та водовідведення на рівні рисового поля з урахуванням змін клімату;

- відповідне нормування водо- й енергокористування для РЗС в цілому.

**Завдання та методика досліджень.** Вирішення поставлених науково-технічних завдань було виконано на прикладі Кілійської РЗС (площею 3450 га) у складі Придунайських РЗС Одеської області.

У ході проведених досліджень нами були розглянуті і вирішені такі питання [1-8]:

- сформована база ретроспективних і сучасних даних, в якості яких використані матеріали науково-технічних звітів роботи наукових експедицій у складі співробітників Українського інституту інженерів водного господарства (нині Національного університету водного господарства та природокористування) та річні звіти Одеського обласного управління водних ресурсів по Кілійській РЗС за період 1966–2012 рр.;

- виконаний багатокритеріальний регресійний аналіз сформованої бази даних з побудовою матриці коефіцієнтів їх парної кореляції, за результатами якого обґрунтовано комплекс показників (критеріїв оцінювання), що адекватно відображають усі основні та різноманітні за

умовами аспекти функціонування РЗС: *врожайність рису ( $Y$ , ц/га); зрошувальну норму рису бруто ( $M_{бр}$ , тис. м<sup>3</sup>/га); показник агро-еколого-меліоративних умов формування врожаю рису ( $A$ , бали); частку рису в сівозміні ( $\theta$ , %); тепло- і вологозабезпеченість періоду вегетації ( $p$ , %); загальну кількість перекачаної води ( $W_3$ , тис. м<sup>3</sup>/га); загальну кількість електроенергії ( $Q$ , тис. кВт·год); питомі показники водоспоживання культури рису ( $\alpha_m$ , тис. м<sup>3</sup>/га·ц), загальної кількості перекачаної води ( $\alpha_{W_3}$ , тис. м<sup>3</sup>/га·ц), затрат електроенергії ( $\alpha_Q$ , тис. кВт·год/га·ц), що відображають відповідне відношення затраченої на отримання одиниці готової продукції кількості зрошувальної, перекачаної води і електроенергії.*

Прийняті питомі показники розглянуті в приведеному вигляді відносно частки рису в сівозміні, що більш інформативно характеризує ефективність функціонування РЗС в цілому;

- проаналізовано динаміку зміни критеріїв оцінювання ефективності за фактичними ретроспективними і сучасними даними функціонування Придунайських РЗС (1966–2012 рр.). На підставі отриманих результатів виділені три характерні періоди функціонування, що мають ряд особливостей, пов'язаних, насамперед, з часткою рису в сівозміні, а також соціально-економічними аспектами, погодно-кліматичними умовами, прийнятими технологіями водорегулювання, агро-еколого-меліоративними умовами на зрошуваних землях та ін.: **I-й період** (1966–1992 рр.) – з високим 100...75% вмістом рису в сівозміні; **II-й період** (1993–2001 рр.) – з низьким 33...30% вмістом рису; **III-й період** (2002–2012рр.) – з середнім 60...50% вмістом рису;

- шляхом графоаналітичного аналізу багаторічних ретроспективних і сучасних даних функціонування Придунайських РЗС (1966–2012 рр.) обґрунтовані раціональні величини критеріїв оцінювання ефективності:  $\theta = 60...50\%$ ;  $Y = 43$  ц/га;  $M_{бр} = 18,0$  тис.м<sup>3</sup>/га,  $W_3 = 27,5$  тис. м<sup>3</sup>/га,  $Q = 5544,4$  тис. кВт·год,  $\alpha_m = 0,23$  тис. м<sup>3</sup>/га·ц,  $\alpha_{W_3} = 0,35$  тис. м<sup>3</sup>/га·ц,  $\alpha_Q = 86,6$  тис. кВт·год/га·ц;

- опрацьовані та схематизовані варіанти реалізації метеорологічних режимів у зоні розташування Придунайських РЗС за типовими розрахунковими щодо умов тепло- й вологозабезпеченості роками: «**Base**» і «**Recent**» – характеристика значень основних метеофакторів за період вегетації, отриманих за багаторічними відповідно ретроспективними і сучасними даними; «**СССМ**» і «**УКМО**» – нормовані

середньобагаторічні значення величин основних метеофакторів та їх розподіл за період вегетації, отримані з урахуванням змін клімату відповідно до моделей Канадського кліматологічного центру і Метеорологічного бюро Об'єднаного Королівства, що передбачають підвищення середньорічної температури повітря відповідно на 4 °С та 6 °С при подвоєнні вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері;

- розроблені моделі водного балансу рисового поля і рисової системи в цілому, як інструментів оцінювання та прогнозування показників ефективності технології водорегулювання та нормування водо- й енергокористування РЗС, а також отримані емпіричні залежності для їх визначення на основі водобалансових розрахунків у ретроспективі, сучасних умовах, найближчій і віддаленій перспективі.

**Результати досліджень.** Оцінювання ефективності водорегулювання та нормування водо- й енергокористування Придунайських РЗС виконано за обґрунтованими критеріями, часовими періодами та рівнями ефективності:

- **часові періоди:** *ретроспективний* та *сучасний*, які відповідно відображають ефективність водорегулювання та нормування водо- й енергокористування Придунайських РЗС з моменту введення їх в експлуатацію і до теперішнього часу (1966–2012 рр.); *прогнозований* – характеризує найближчу (*прогнозований сучасний*) та віддалену (*прогнозований майбутній*) перспективу функціонування Придунайських РЗС при наявних та можливих змінах клімату.

- **рівні ефективності:** *проектний* та *фактичний*, які відповідно характеризують проектні та фактичні виробничі величини критеріїв оцінювання ефективності водорегулювання та нормування водо- й енергокористування Придунайських РЗС за період 1966–2012 рр.; *раціональний* – характеризує статистично обґрунтовані за наявними даними раціональні у досліджуваних умовах величини критеріїв оцінювання ефективності; *ресурсозберігаючий* – характеризує обґрунтований ресурсозберігаючий рівень ефективності водорегулювання та нормування водо- й енергокористування Придунайських РЗС.

На основі розглянутих моделей реалізації метеорологічних режимів, водного балансу рисового поля і рисової системи в цілому виконано прогнозні розрахунки з визначення показників ефективності на рівні встановлених їх раціональних показників для прогнозованих сучасних умов та умов змін клімату.

Отримані результати виявилися близькими до проектного рівня функціонування Придунайських РЗС, однак, враховуючи їх сучасний технічний стан, такий рівень не може бути забезпечений як в найближчій, так і у віддаленій перспективі [5].

Тому, ґрунтуючись на результатах власних досліджень і досліджень Інституту рису НААН України [1, 7, 8], з питань ресурсозбереження при функціонуванні РЗС з урахуванням сучасних економічних та екологічних вимог, нами удосконалено технологію водорегулювання рисового поля, що передбачає зменшення кількості поданої і відведеної води до економічно доцільного та екологічно прийняттого рівня:  $\theta = 60...50\%$ ;  $Y = 43$  ц/га;  $M_{бр} = 13,3$  тис. м<sup>3</sup>/га,  $W_3 = 20,3$  тис. м<sup>3</sup>/га,  $Q = 4736,1$  тис. кВт·год,  $\alpha_m = 0,17$  тис. м<sup>3</sup>/га·ц,  $\alpha_{W3} = 0,26$  тис. м<sup>3</sup>/га·ц,  $\alpha_Q = 62,4$  тис. кВт·год/га·ц;

Узагальнені результати проведених досліджень наведені в таблиці у вигляді порівняльної оцінки основних показників ефективності технології водорегулювання, нормування водо- й енергокористування Придунайських РЗС за обґрунтованими критеріями, періодами і рівнями, представлених за їх усередненими значеннями щодо типових за умовами тепло- й вологозабезпеченості розрахункових років.

**Узагальнені показники ефективності технології водорегулювання, нормування водо- й енергокористування Придунайських РЗС за визначеними критеріями, періодами та рівнями**

Показники, критерії Часові періоди та рівні ефективності		$\theta, \%$	$E-P, мм$	$h, см$	$M_{бр}, тис. м^3/га$	$\bar{W}_3, тис. м^3/га$	$Q, тис. кВт·год$	$Y, ц/га$	$A, бали$	Питомі приведені показники		
										$\alpha_m, тис. м^3/га·ц$	$\alpha_{W3}, тис. м^3/га·ц$	$\alpha_Q, тис. кВт·год/га·ц$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Проектний		100...75	6928	25	23	35,2	6560,0	47	48	0,43	0,66	122,8
Фактичний	I-й період	100...75	6928	19,5	25,8	39,5	6943,9	38,6	40	0,59	0,90	168,7
	II-й період	33...30%	6553	15,5	19,5	29,8	5573,5	34,0	36	0,19	0,29	66,4
	III-й період	60...50%	6553	12,8	15,7	24,0	5288,8	39,7	43	0,22	0,33	81,3

Продовження табл.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Рациональний	прогнозований сучасний	60...50%	6553	14,3	18,0	27,5	5744,4	43,0	46	0,23	0,35	86,6
	прогнозований майбутній за «СССМ»	60...50%	9573	14,3	23,4	33,4	6382,6	49,4	53	0,26	0,37	89,5
	прогнозований майбутній за «УКМО»	60...50%	9686	14,3	22,1	32,0	6242,1	50,9	55	0,24	0,35	84,4
Ресурсозберігаючий	прогнозований сучасний	60...50%	6553	11,0	13,3	20,3	4736,1	43,0	46	0,17	0,26	62,4
	прогнозований майбутній за «СССМ»	60...50%	9573	11,0	17,7	27,1	5688,4	49,4	53	0,20	0,29	73,1
	прогнозований майбутній за «УКМО»	60...50%	9686	11,0	17,8	27,2	5707,1	50,9	55	0,19	0,29	71,7

Прийняття рішень відносно визначення прийняттого варіанту водорегулювання на РЗС слід здійснювати за питомими показниками водоспоживання культури рису ( $\alpha_{\text{в}}$ , тис. м<sup>3</sup>/га·ц), загальної кількості перекачаної води ( $\alpha_{\text{вз}}$ , тис. м<sup>3</sup>/га·ц), затрат електроенергії ( $\alpha_{\text{о}}$ , тис. кВт·год/га·ц) та показником агро-еколого-меліоративних умов формування врожаю рису ( $A$ , бали), оскільки вони у комплексі найбільш інформативно характеризують загальну ефективність функціонування РЗС.

**Висновки.** Представлені результати переконливо свідчать про необхідність ведення аграрного виробництва на зрошуваних землях Придунайських РЗС, ґрунтуючись на принципах ресурсозбереження, як першочергової умови ефективного їх функціонування з дотриманням еколого-економічних вимог як в сучасних погодно-кліматичних умовах, так і при можливих їх змінах в найближчій і віддаленій перспективі. Застосування удосконаленої технології водорегулювання надасть можливість знизити, у порівнянні з проектним рівнем, величину затрат водних ресурсів на 23...42%, а енергетичних, відповідно, на 13...28%, що дозволить підвищити загальну ефективність функціонування рисових систем у середньому на 30%.

1. *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: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 976 с.

2. *Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України*: [науково-методичні рекомендації / В.В. Дудченко, Л.М. Грановська, А.М. Рокочинський [та ін.]. – Херсон-Рівне, 2011. – 104 с.

3. *Рокочинский А.Н.* Оценка эффективности функционирования Придунайских рисовых оросительных систем / А.Н. Рокочинский, В.А. Турченко, Н.В. Приходько // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест, 2013. – №2 (80): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 14 – 18.

4. *Рокочинский А.Н.* Обоснование комплекса критериев эффективности функционирования Придунайских рисовых оросительных систем / А.Н. Рокочинский, В.А. Турченко, Н.В. Приходько // Проблемы комплексного обустройства техно-природных систем: матер. междунар. науч.-практ. конф. Ч. II. «Мелиорация, рекультивация и охрана земель». – М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2013. – С. 173–179.

5. *Рокочинский А.Н.* Оценка погодноклиматических условий при оценке эффективности функционирования рисовых оросительных систем / А.Н. Рокочинский, В.А. Турченко, Н.В. Приходько, В.В. Заец // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: научные статьи Международн. науч.-практ. конф., Брест 23–25 апр. 2014 г.: в 4-х частях / УО «Брестск. гос. техн. ун-т»; под ред. А.А. Волчека [и др.]. – Брест, 2014. – Ч. III. – С. 254–260.

6. *Ромащенко М.І., Собко О.О., Савчук Д.П., Кульбіда М.І.* Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату. Наукова доповідь-інформація. – К.: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 46 с.

7. *Корнбергер В.Г.* Ресурсозберігаюче та природоохоронне нормування водокористування при вирощуванні рису (на прикладі Краснознамянського зрошувального масиву): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-х. наук: спец. 06.01.02. «Сільськогосподарські меліорації, сільськогосподарські науки» / В.Г. Корнбергер. – Херсон, 2009. – 21с.

8. *Ушкаренко В.А.* Влияние глубины затопления риса на его урожайность в условиях Краснознаменской оросительной системы / В.А. Ушкаренко, В.В. Морозов, В.Г. Корнбергер // Таврійський науковий вісник: зб. наук. праць. – Херсон: Айлант, 1998. – Вип. 9. – С. 139–141.

*Рассмотрено усовершенствование технологии водорегулирования и нормирования водо- и энергопользования Придунайских РОС с соблюдением современных эколого-экономических требований с учетом изменений климата.*

*Improving the technology of water control and rating of water and energy use in the Trans-Danube rice irrigation systems (RIS) is considered in compliance with modern ecological and economic requirements, taking into account climate change.*