

## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ОБЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИДУНАЙСКИХ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

*Изложены результаты выполненного анализа и комплексной оценки изменчивых погодноклиматических условий в зоне функционирования Придунайских рисовых оросительных систем Одесской области Украины и их возможного влияния на общую эффективность функционирования Придунайских рисовых оросительных систем. Отмечается, что главной целью мелиораций, в том числе и на орошаемых землях рисовых оросительных систем, должно быть не только повышение урожайности выращиваемых культур, но и сохранение и повышение плодородия почв при условии рационального использования земельных, водных и других ресурсов. Обоснован комплекс показателей общей технологической, экономической и экологической эффективности функционирования Придунайских рисовых оросительных систем и на его основе выполнен анализ ретроспективного и современного состояния общей эффективности их функционирования, а также определены рациональные современные и прогнозные значения показателей эффективности, в том числе в условиях изменения климата. Предложен показатель агро-эколого-мелиоративных условий. Отмечается, что важным вопросом при оценке эффективности функционирования рисовой системы по показателю агро-эколого-мелиоративных условий является вопрос о его количественном выражении. Это требует создания соответствующей шкалы ранжирования значений данного показателя в соответствии с создаваемыми условиями формирования урожая риса. Разработаны методические подходы к нормированию водо- и энергопользования рисовых оросительных систем в отношении рационального и ресурсосберегающих уровней их функционирования на основе долгосрочного прогноза как в современных погодноклиматических условиях, так и с учетом их изменений.*

*Анализ, оценка, эффективность, Придунайские рисовые оросительные системы.*

*The article presents the results of the analysis and integrated assessment of changing climatic conditions in the area of functioning of the Danube rice irrigation systems of the Odessa region of the Ukraine and their possible impact on their total efficiency of functioning of the Danube rice irrigation systems. It is stated that the main target of land reclamations including on the irrigated lands of rice irrigation systems is that there should be both yield growth of cultivated crops and preservation and soil fertility rise under the condition of rational usage of land, water and other resources. There is justified a complex of indicators of general technological, economic and ecological efficiency of functioning as well as there are determined rational modern and forecasting values of the efficiency including under the conditions of the climate changing. There is proposed an indicator of agro-ecological-reclamation conditions. It is stated that the important question when assessing the efficiency of functioning of the rice system according to the agro-ecological-reclamation conditions is a problem of its quantitative expression. It requires a creation of the proper ranking scale of values of the given factor in accordance with the created conditions of formation of rice yield. Methodological approaches have been developed to rationing of water and energy use of RIS relating to rational and resource-saving levels of their operation on the basis of the long-term prognosis under both contemporary weather-climatic conditions and in accordance with their changes.*

*Analysis, evaluation, efficiency, the Danube rice irrigation systems*

Ежегодное потребление риса в Украине, как ценной зерновой культуры, колеблется от 180 до 200 тыс. тонн и в дальнейшем имеет устойчивую тенденцию к увеличению. В связи с этим необходимо наращивать объемы его производства, прежде всего, путем повышения общей технологической, экономической и экологической эффективности функционирования действующих рисовых оросительных систем (РОС) [1].

Главной целью мелиораций, в том числе и на орошаемых землях РОС, должно быть не только повышение урожайности выращиваемых культур, но и сохранение и повышение плодородия почв при условии рационального использования земельных, водных и других ресурсов.

Для достижения такой цели, эффективность функционирования РОС необходимо рассматривать относительно требований к регулируемым факторам почвообразования и развития растений. Совокупность таких показателей, согласно И. П. Айдарову, А. И. Голованову, Ю. Н. Никольскому [2], названа мелиоративным режимом, от соблюдения которого зависит обеспечение благоприятных условий формирования урожая выращиваемых культур и окружающей среды в целом.

Особенностью РОС Украины является необходимость поддержания промывного водного режима для обеспечения благоприятного эколого-мелиоративного состояния засоленных орошаемых земель, как неотъемлемого условия эффективного их использования.

Учитывая специфику функционирования РОС Украины, решение проблемы повышения их эффективности на стадии плановой эксплуатации, а также реконструкции и модернизации включает в себя следующие основные взаимосвязанные задачи:

обеспечение и поддержание благоприятного эколого-мелиоративного состояния засоленных орошаемых земель РОС;

повышение эффективности водопользования РОС путем усовершенствования технологии водорегулирования, прежде всего, на рисовом поле;

повышение эффективности водопользования РОС на основе их оценки и нормирования на уровне системы.

Поэтому целью данных исследова-

ний является обоснование параметров усовершенствованной технологии водорегулирования и показателей нормирования водо- и энергопотребления РОС на эколого-экономических основах и методов их определения на основе долгосрочного прогноза для повышения общего уровня технической эксплуатации рисовых систем как в современных природно-климатических условиях, так и в условиях их изменения.

Решение данных вопросов осуществлялось на примере Придунайских РОС (площадью 3450 га) в Одесской области, которые по эксплуатационным и конструктивным условиям являются типичными для большинства рисовых систем Украины.

Определение РОС как сложной природно-технической системы предполагает необходимость учета, в первую очередь, всех природных факторов, непосредственно влияющих на эффективность ее функционирования, прежде всего, погодноклиматических условий [3, 4].

Для решения поставленной задачи были спланированы и реализованы следующие варианты исследования [4].

Вариант 1 – «Base»: характеристика нормированных значений основных метеофакторов за период вегетации (IV–X месяцы), полученных на основе многолетних ретроспективных данных (1891–1964 гг.).

Вариант 2 – «Recent»: современные текущие и нормированные среднемноголетние значения величин основных метеофакторов и их распределение за период вегетации (IV–X месяцы), на основе данных наблюдений Дунайской гидрометеорологической обсерватории (г. Измаил Одесской области за 1981–2012 гг.);

Вариант 3: нормированные среднемноголетние значения величин основных метеофакторов и их распределение за период вегетации (IV–X месяцы), полученных с учетом изменений климата по моделям: а) «СССМ» – Канадского климатологического центра, чувствительность которой к удвоению  $\text{CO}_2$  – 3,5 °С, предусматривающей повышение среднегодовой температуры воздуха до 4 °С; б) «УКМО» – Метеорологического бюро Объединенного Королевства (Великобритания), чувствительность которой к удвоению  $\text{CO}_2$  – 3,5 °С, предусматривающей повышение

среднегодовой температуры воздуха до 6 °С [5, 6].

Выбор данных вариантов исследований и соответствующих моделей прогноза изменения погодно-климатических условий обусловлено тем, что анализ изменения основных метеофакторов по конкретным годам функционирования РОС показывает, что большинство вегетационных значений метеорологических характеристик, кроме температуры воздуха и ФАР (фотосинтетически активной радиации), уже достигают прогнозных расчетных значений и находятся либо в зоне,

либо на уровне прогнозируемых их величин по условиям изменения климата [4].

Прогноз выполнен для пяти типичных по условиям тепло- и влагообеспеченности периодов вегетации расчетных лет (очень влажный – 10 %, влажный – 30 %, средний – 50 %, сухой – 70 %, очень сухой – 90 %) по осадкам, температуре, относительной влажности и дефициту влажности воздуха, ФАР, коэффициенту влагообеспеченности (отношение суммы осадков к суммарному испарению). Обобщенные результаты данных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Сравнительная оценка вегетационных значений основных метеорологических характеристик по расчетным годам ретроспективных, современных и прогнозируемых условий и их изменений**

Показатели, модели		Годы расчетной тепло- и влагообеспеченности					Среднее изменение, %
		10 %	30 %	50 %	70 %	90 %	
Осадки, P (мм)	«Base»	387,5	337,2	287,0	236,8	186,6	–
	«Recent»	363,1	265,0	261,8	185,5	167,0	–14,7
	«CCCM»	321,3	279,4	237,6	192,7	147,8	–18,3
	«UKMO»	362,4	315,4	268,5	217,7	167,0	–7,8
Температура Воздуха T, °C	«Base»	16,2	16,6	17,1	17,4	18,1	–
	«Recent»	16,9	17,2	17,2	17,8	18,4	2,3
	«CCCM»	19,4	20,1	20,9	21,3	22,2	22,0
	«UKMO»	20,0	20,8	21,7	22,2	23,3	26,9
Дефицит влажности воздуха D, мм	«Base»	1142	1343	1531	1705	1920	–
	«Recent»	1214	1307	1433	1582	1814	–4,6
	«CCCM»	1430	1682	1867	2136	2405	24,5
	«UKMO»	1455	1731	1933	2226	2520	29,1
Относительная влажность воздуха H, %	«Base»	71,9	68,4	65,6	62,8	60,3	–
	«Recent»	71,0	69,4	67,5	65,9	62,7	3,1
	«CCCM»	71,9	68,2	65,8	61,9	58,7	–0,9
	«UKMO»	72,7	69,0	66,6	62,6	59,6	0,3
ФАР, МДж/м <sup>2</sup>	«Base»	1849,6	1886,5	1925,5	1947,0	1997,4	–
	«Recent»	1905,6	1924,0	1931,8	1974,9	2027,2	1,4
	«CCCM»	2109,8	2164,0	2221,0	2252,5	2326,2	15,5
	«UKMO»	2150,8	2216,4	2285,6	2323,8	2413,3	18,9
Коэффициент влагообеспеченности	«Base»	0,56	0,41	0,32	0,23	0,16	–
	«Recent»	0,49	0,33	0,30	0,19	0,15	–12,2
	«CCCM»	0,38	0,28	0,21	0,15	0,10	–34,4
	«UKMO»	0,43	0,31	0,23	0,16	0,10	–29,6

Приведенные данные свидетельствуют о том, что при имеющихся темпах и уровне изменений погодно-климатических условий следует ожидать их ухудшения как в зоне Придунайских РОС, так и в зоне рисосеяния Украины в целом. В свою очередь, это может неизбежно отразиться на эффективности функционирования рисовых систем.

Для сравнительного анализа и оценки общей технологической, экономической, экологической эффективности функционирования Придунайских РОС в изменчивых погодно-климатических условиях были использованы такие основные как измеряемые, так и рассчиты-

ваемые следующие показатели за период 1961–2012 гг. [4, 8]:

долевое участие затапливаемой культуры риса в структуре рисового севооборота  $\theta$ , %;

показатель агро-эколого-мелиоративных условий формирования урожая риса A, баллы;

урожайность риса Y, ц/га;

тепло- и влагообеспеченность периода вегетации p, %;

оросительная норма риса M, тыс. м<sup>3</sup>/га;

общее количество перекачиваемой воды W<sub>c</sub>, тыс. м<sup>3</sup>/га;

общие годовые затраты электроэнергии на обеспечение технологии выращи-

вания риса  $Q_c$ , тыс. кВт·ч.

Рассмотренный комплекс показателей, как критериев оценки общей технологической, экономической и экологической эффективности функционирования, адекватно отражает разнородные по условиям происхождения аспекты функционирования РОС и обоснован путем многокритериального регрессионного анализа ретроспективных и современных данных за исследуемый период. Установленное совокупное влияние рассматриваемого комплекса разнородных показателей на формирование урожая риса, как основного экономического критерия эффективности, является довольно значительным (общий коэффициент множественной корреляции  $R = 0,9027$ ), что свидетельствует о высоком уровне сопряженности между ними. При этом долевое участие их влияния ( $W_c$  влияние 38,92 %,  $Q_c$  – 14,76 %,  $p$  – 25,38 %,  $\theta$  – 20,93 %) является существенным при формировании урожая риса в исследуемых условиях.

Введенный авторами показатель  $A$  (агро-эколого-мелиоративных условий формирования урожая риса) выступает в качестве комплексной (интегральной) характеристики воздействия водного, солевого, питательного и других режимов почв на условия формирования урожайности ведущей культуры риса. Показатель агро-эколого-мелиоративных условий отражает эффективное плодородие почвы в характерных для рисовой системы условиях и определяется отношением фактических значений урожайности риса по годам исследований до ее максимальной величины, полученной в рассматриваемых условиях.

Целесообразность использования

столь обобщенного комплексного показателя обусловлена, прежде всего, чрезвычайной сложностью изучаемого процесса, для объективного отражения которого может быть применено практически не ограниченное количество показателей. В свою очередь, их определение осложняется значительным объемом выполнения необходимых работ и их стоимостью, а также связанными с этим затратами времени.

Важным вопросом при оценке эффективности функционирования рисовой системы по показателю агро-эколого-мелиоративных условий ( $A$ , баллы) является вопрос о его количественном выражении. Это требует создания соответствующей шкалы ранжирования значений данного показателя в соответствии с создаваемыми условиями формирования урожая риса. По своему физическому смыслу и сути показатель агро-эколого-мелиоративных условий, в определенной мере, соответствует понятию «бонитета почвы», особенно учитывая существующие методики бонитировки почв с использованием специального агроэкологического метода, который учитывает не только основные общепринятые критерии оценки плодородности почв, но и показатели их экологического состояния.

Учитывая изложенное, аналогично бонитетной оценке почв, в качестве системы измерения целесообразно использовать балльную шкалу, на основе которой авторами разработана система градаций показателя агро-эколого-мелиоративных условий на орошаемых землях рисовой системы относительно уровня их благоприятности для выращивания культур рисового севооборота (таблица 2).

Таблица 2

### Шкала градации оценки агро-эколого-мелиоративных условий на орошаемых землях РОС

Диапазон изменения значений показателя, баллы	Наименование уровня градации условий:
0...20	очень неблагоприятные (критические) неблагоприятные удовлетворительные благоприятные очень благоприятные (оптимальные)
21...40	
41...60	
61...80	
81...100	

На основе результатов комплексной оценки изменчивых погодно-климатических условий, рассмотренных показателей эффективности, а также необходимых статистических исследований многолетнего ряда наблюдений (51 год) по ним, были выделе-

ны три характерных периода функционирования Придунайских РОС относительно долевого участия затопляемой культуры риса в рисовом севообороте ( $\theta$ , %), определены рациональные современные и прогнозные значения исследуемых показателей.

Обобщенные результаты сравнения как проектных, так ретроспективных и современных, а также рациональных современ-

ных и прогнозных значений показателей эффективности функционирования Придунайских РОС приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Сравнительная характеристика проектных, ретроспективных и современных, а также рациональных современных и прогнозных значений показателей эффективности функционирования Придунайских РОС**

Критерии	$\theta$ , %	A, баллы	Y, ц/га	M, тыс.м <sup>3</sup> /га	W <sub>c</sub> , тыс.м <sup>3</sup> /га	Q, тыс.кВт·ч	
Проектные значения	85	48	47	23,0	35,0	7800	
Период функционирования РОС 1961-1992 гг.	75...100	39	38	25,5	38,8	8100	
Период функционирования РОС 1993-2002 гг.	30...35	36	33	22,3	34,0	7600	
Период функционирования РОС 2003-2012 гг.	50...60	50	46	18,4	29,3	6400	
Современные прогнозные рациональные значения	50...60	44	43	18,0	27,5	5800	
Прогнозные рациональные значения	«СССМ»	50...60	51	50	24,0	37,0	8000
	«УКМО»	50...60	52	51	23,0	35,0	7800

**Вывод**

Таким образом, поскольку прогнозные показатели эффективности функционирования Придунайских РОС в условиях изменения климата достигают, а в ряде случаев превышают их проектные значения, возникает объективная необходимость перехода на нормирование водно-энергопользования системы на основе ресурсосберегающих технологий.

1. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України науково-методичні рекомендації / В. В. Дудченко [та ін.]. – Херсон–Рівне, 2011. – 104 с.

2. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации) / И. П. Айдаров и [и др.]. – М.: Агрометеоздат, 1990. – 60 с.

3. **Рокочинський А. М.** Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах/ За ред. академіка УААН Ромащенко М. І. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351с.

4. Рис в Україні: колективна монографія / за ред. В. А. Сташука, А. М. Рокочинського, Л. М. Грановської. – Київ. – 2014. – 991 с.

5. Научно-прикладной справочник по климату СССР: Серия 3. Многолетние данные: Части 1–6: Выпуск 1. Украинская ССР: Книга 1. – Ленинград: Гидрометиздат. – 1990. – 608 с.

6. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у про-

ектах будівництва й реконструкції осушувальних систем: Посібник до ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (розділ 3. Осушувальні системи). – Київ, 2008. – 63 с.

7. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату / М. І. Ромащенко [та ін.] // Наукова доповідь-інформація. – Київ: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 46 с.

8. Обоснование комплекса критериев эффективности функционирования Придунайских рисовых оросительных систем / А. Н. Рокочинский [та ін.] // 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.

Материал поступил в редакцию 16.06.2014.

**Рокочинский Анатолий Николаевич**, доктор технических наук, профессор

E-mail: ekoteh@ukr.net

**Турченко Василий Александрович**, кандидат технических наук, доцент

E-mail: fvg@ukr.net

**Приходько Наталья Владимировна**, аспирант

E-mail: pryhodko\_natalia@ukr.net

**Заец Виталий Вадимович**, аспирант

E-mail: zayets@mail.ru