

УДК 631.674:633.18.03

ВРАХУВАННЯ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ПРИ ОЦІНЦІ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

А.М. РОКОЧИНСЬКИЙ, док. техн. наук,
В.О. ТУРЧЕНЮК, канд. техн. наук,
Н.В. ПРИХОДЬКО

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Розглянута прогнозна оцінка формування погодно-кліматичних умов зони рисосіяння України в найближчій і віддаленій перспективі та їх вплив на природно-меліоративні режими рисових зрошувальних систем.

Ключові слова: погодно-кліматичні умови, оцінка ефективності функціонування, рисові зрошувальні системи

Проблема та її актуальність. У складних природно-технічних системах, до яких відносяться і рисові зрошувальні системи (РЗС), вибір режимно-технологічних та технічних рішень на різних рівнях прийняття їх у часі повинен ґрунтуватися на використанні відповідної метеорологічної інформації з метою вибору кліматологічно оптимальних стратегій управління такими системами в багаторічному та внутрішньовеgetаційному перерізі [7].

Для територій з близьким заляганням безстічних мінералізованих ґрунтових вод, на яких розміщені більшість рисових систем України, погодно-кліматичні умови безпосередньо приймають участь у формуванні водно-сольового режиму ґрунтів і ґрунтових вод, визначаючи напрямок перебігу ґрунтових процесів як у природному стані, так і в окремі технологічні періоди вирощування рису і супутніх культур [3,6].

Від температури повітря, ґрунту і поливної води залежить багато біологічних процесів, що відбуваються в житті рослин. Регулюючи температурні умови можна інтенсифікувати або, навпаки, загальмувати біологічні процеси і, тим самим, управляти врожаєм і датою дозрівання рослини. Однак, аналітичні залежності, що зв'язують зовнішні умови (температуру, випаровуваність, опади, фільтрацію) з терміном дозрівання і, як наслідок, початком збирання рису, на жаль, поки ще не розроблені.

Крім того, приблизно половину зрошувальної норми рису складають втрати на випаровування з водної поверхні і транспірацію вирощуваними культурами, величина яких має пряму залежність від таких метеорологічних характеристик як температура та дефіцит вологості повітря. У свою чергу, величина зрошувальної норми визначає і об'єм фільтрації із зрошувальної мережі, яка на територіях зі складними гідрогеологічними умовами є головним фактором, що впливає на формування режиму ґрунтових вод і через нього – на водно-повітряний і сольовий режими зрошуваних ґрунтів.

Оскільки вирішальний вплив на формування водного і загального природно-меліоративного режимів земель РЗС та врожаю вирощуваних культур у багатьох випадках спричиняють саме кліматичні або погодні умови, необхідно мати у своєму розпорядженні дані про їх реалізацію для відповідного

об'єкта як за ряд попередніх років ретроспективних спостережень, так і на прогнозований період функціонування системи. Кількість таких реалізацій та вибір конкретних років залежать від багаторічної міжсезонної варіабельності метеорологічних умов і, безсумнівно, повинні охоплювати всі типові для даного регіону їх виявлення.

У зв'язку з цим, прогнозування погодно-кліматичних умов є невід'ємною умовою реалізації оцінки загальної ефективності функціонування РЗС.

Вирішення завдання щодо підвищення загальної ефективності функціонування діючих РЗС як складних природно-технічних систем та розробки стратегії їх подальшого розвитку на найближчу та віддалену перспективу потребує виконання відповідних прогнозних режимних розрахунків за такими визначеними часовими періодами:

– *ретроспективний та сучасний*, які відповідно відображають ефективність функціонування РЗС з моменту введення їх в експлуатацію і дотепер;

– *прогнозований* – характеризує найближчу (*прогнозований сучасний*) та віддалену (*прогнозований майбутній*) перспективу з урахуванням наявних та можливих змін клімату.

Методика досліджень. Для вирішення поставленого завдання був спланований та здійснений широкомасштабний машинний експеримент на ЕОМ за багаторічними ретроспективними (1891 – 1964 рр.) та сучасними (1981 – 2014 рр.) даними спостережень Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії (м. Ізмаїл, Одеська область). При цьому використані моделі прогнозної оцінки на довготерміновій основі нормованого розподілу у багаторічному та внутрішньовеgetаційному перерізі основних метеорологічних характеристик за методами, інформаційним та програмним забезпеченням з їх реалізації на ЕОМ, розробленими на кафедрі природооблаштування та гідромеліорацій НУВГП [1,6].

Були сплановані та реалізовані такі варіанти дослідження:

– *Варіант 1 – «Base»:* характеристика основних метеофакторів за період вегетації (IV–X місяці), отриманих за багаторічними ретроспективними даними (1891–1964 рр.) [2];

– *Варіант 2 – «Recent»:* динаміка та нормовані середньобагаторічні значення величин основних

метеофакторів та їх розподіл за період вегетації (IV-X місяці), отримані в сучасних умовах за 1981-2014 рр.:

- *Варіант 3а* – «СССМ» та *Варіант 3б* – «УКМО»: нормовані середньобаторічні значення величин основних метеофакторів та їх розподіл за період вегетації (IV-X місяці), отриманих з урахуванням наявних та можливих змін клімату, згідно рекомендацій академіка М.І. Ромашенка [4], за моделями Канадського кліматологічного центру «СССМ» – як більш сприятливий прогноз, та Метеорологічного бюро Об'єднаного королівства «УКМО» – як менш сприятливий прогноз, що передбачають підвищення середньорічної температури повітря відповідно на 4 °C та 6 °C – при подвоєнні вмісту CO₂ в атмосфері.

Доцільність застосування моделей «СССМ» та «УКМО» при відповідних прогнозних режимних розрахунках підтверджується тим, що вони враховують як менш, так і більш

критичні сценарії змін погодно-кліматичних умов та якнайкраще узгоджуються із моделями прогнозу оцінки нормованого розподілу основних метеорологічних характеристик у багаторічному та внутрішньовеgetаційному перерізах.

Прогноз здійснено для п'яти типових груп періодів вегетації розрахункових років щодо загальної тепло- та вологозабезпеченості (дуже вологий – 10%, вологий – 30%, середній – 50%, сухий – 70%, дуже сухий – 90%) за такими основними метеорологічними характеристиками як температура повітря, опади, відносна вологість та дефіцит вологості повітря, фотосинтетичноактивна радіація (ФАР), коефіцієнт вологозабезпеченості (відношення суми опадів до сумарного випаровування).

Отримані на основі реалізації зазначених варіантів досліджень погодно-кліматичних умов узагальнені результати розрахунку наведені в таблицях 1, 2.

1. Визначені вегетаційні значення основних метеорологічних характеристик по розрахункових роках за варіантами досліджень для умов Придніпайських РЗС

Показники, моделі		Роки розрахункової тепло- й вологозабезпеченості				
		10 %	30 %	50 %	70 %	90 %
Сума опадів (Р, мм)	«Base»	387,5	337,2	287,0	236,8	186,6
	«Recent»	363,1	265,0	261,8	185,5	167,0
	«СССМ»	321,3	279,4	237,6	192,7	147,8
	«УКМО»	362,4	315,4	268,5	217,7	167,0
Середня температура повітря (Т, °C)	«Base»	16,2	16,6	17,1	17,4	18,1
	«Recent»	16,9	17,2	17,2	17,8	18,4
	«СССМ»	19,4	20,1	20,9	21,3	22,2
	«УКМО»	20,0	20,8	21,7	22,2	23,3
Сума дефіциту вологості повітря (D, мм)	«Base»	1142	1343	1531	1705	1920
	«Recent»	1214	1307	1433	1582	1814
	«СССМ»	1430	1682	1867	2136	2405
	«УКМО»	1455	1731	1933	2226	2520
Середня відносна вологість повітря (Н, %)	«Base»	71,9	68,4	65,6	62,8	60,3
	«Recent»	71,0	69,4	67,5	65,9	62,7
	«СССМ»	71,9	68,2	65,8	61,9	58,7
	«УКМО»	72,7	69,0	66,6	62,6	59,6
Сума ФАР, (ФАР, МДж/м²)	«Base»	1849,6	1886,5	1925,5	1947,0	1997,4
	«Recent»	1905,6	1924,0	1931,8	1974,9	2027,2
	«СССМ»	2109,8	2164,0	2221,0	2252,5	2326,2
	«УКМО»	2150,8	2216,4	2285,6	2323,8	2413,3
Коефіцієнт вологозабезпеченості (K _w)	«Base»	0,56	0,41	0,32	0,23	0,16
	«Recent»	0,49	0,33	0,30	0,19	0,15
	«СССМ»	0,38	0,28	0,21	0,15	0,10
	«УКМО»	0,43	0,31	0,23	0,16	0,10

2. Порівняльна оцінка зміни вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик за розрахунковими роками сучасних («Recent») та прогнозованих («СССМ» та «УКМО») умов щодо їх середньобагаторічних норм («Base») для Придніпайських РЗС (%)

Показники, моделі		Роки розрахункової тепло- й вологозабезпеченості					Середнє, %
		10%	30%	50%	70%	90%	
Опади, (Р)	«Recent»	-6,3	-21,4	-8,8	-21,7	-10,5	-14,7
	«СССМ»	-17,1	-17,1	-17,2	-18,6	-20,8	-18,3
	«УКМО»	-6,5	-6,5	-6,4	-8,1	-10,5	-7,8
Температура повітря, (Т)	«Recent»	+4,3	+3,6	+0,6	+2,3	+1,7	+2,3
	«СССМ»	+19,8	+21,1	+22,2	+22,4	+22,7	+22,0
	«УКМО»	+23,5	+25,3	+26,9	+27,6	+28,7	+26,9
Дефіцит вологості повітря, (D)	«Recent»	+6,3	-2,7	-6,4	-7,2	-5,5	-4,6
	«СССМ»	+25,2	+25,2	+22,0	+25,3	+25,3	+24,5
	«УКМО»	+27,4	+28,9	+26,3	+30,6	+31,5	+29,1
Відносна вологість повітря, (H)	«Recent»	-1,3	+1,5	+2,9	+4,9	+4,0	+3,1
	«СССМ»	0,0	-0,3	+0,3	-1,4	-2,7	-0,9
	«УКМО»	+1,1	+0,9	+1,5	-0,3	-1,2	+0,3
Сума ФАР	«Recent»	+3,0	+2,0	+0,4	+1,4	+1,5	+1,4
	«СССМ»	+14,1	+14,7	+15,4	+15,7	+16,5	+15,5
	«УКМО»	+16,3	+17,4	+18,8	+19,4	+20,8	+18,9
Коефіцієнт вологозабезпеченості, (K_w)	«Recent»	-12,5	-19,5	-6,3	-17,4	-6,3	-12,2
	«СССМ»	-32,1	-31,1	-34,4	-34,8	-37,5	-34,4
	«УКМО»	-23,2	-24,4	-28,1	-30,4	-37,5	-29,6

Згідно отриманих результатів щодо порівняльної оцінки змін сучасних та прогнозованих вегетаційних значень основних метеорологічних характеристик по розрахункових роках та в середньому між ними у досліджуваних умовах можна зробити такі висновки:

- **щодо опадів:** у сучасних умовах («Recent») порівняно з ретроспективним («Base») має місце зменшення кількості опадів по всіх розглянутих розрахункових роках, що у середньому складає 14,7%. Найбільші зменшення кількості опадів спостерігаються у «вологі» (p=30 %) – 21,4% та «сухі» (p=70%) – 21,7% розрахункові роки.

Відповідно за прогнозними варіантами також очікується зменшення кількості опадів щодо їх середньобагаторічних норм («Base»), яке у середньому становить за моделлю «СССМ» – 18,3 % та «УКМО» – 7,8%. При цьому величини прогнозованих відхилень поступово зменшуються для граничних «дуже вологих» (p=10%) та «дуже сухих» (p=90%) розрахункових років.

- **щодо температури повітря:** то вже в сучасних умовах («Recent») у порівнянні з ретроспективними («Base») має місце виражене підвищення температури повітря, яке у середньому за розрахунковими роками становить 2,3% і збільшується у вологі та посушливі роки.

Сучасні значення температур повітря у «середні» (p=50%) розрахункові роки близькі до середньобагаторічних значень, відхилення зростає при переході від «середніх» до «дуже сухих» (p=90%) та «дуже вологих» (p=10%) розрахункових років. За прогнозними варіантами «СССМ» та «УКМО» прогнозується значне підвищення температури повітря відносно даних за варіантом «Base» на 22,0% та 26,9% відповідно;

- **щодо дефіциту вологості повітря:** характер зміни даного показника аналогічний зміні температури повітря з деякими відхиленнями за розрахунковими роками та дещо більшою зміною за прогнозними варіантами – для «СССМ» збільшення складає 24,5%, а для «УКМО» – 29,1%;

- **щодо відносної вологості повітря:** у сучасних умовах («Recent») має місце деяке підвищення, що складає 4,0...4,9% у «сухі» та «дуже сухі» роки, всі інші значення за всіма варіантами відрізняються несуттєво – $\pm 1...3\%$;

- **щодо ФАР:** характер зміни даного показника повністю аналогічний зміні температури повітря з деякими відхиленнями по розрахункових роках та дещо меншою зміною ніж вона за прогнозними варіантами – для «СССМ» збільшення складає 15,5%, а для «УКМО» – 18,9%;

- **щодо коефіцієнта вологозабезпеченості:** характер зміни даного показника повністю ідентичний

характеру зміни опадів за розрахунковими роками. При цьому за прогнозними варіантами він значно зменшується – для «СССМ» зменшення складає 34,4%, а для «UKMO» – 29,6%.

Наведені дані переконливо свідчать про те, що більшість значень метеорологічних характеристик, крім температури і ФАР, за розрахунковими роками та в середньому між ними вже в сучасних умовах знаходяться або в зоні, або на рівні прогнозованих їх величин за умовами зміни клімату.

Порівняльна оцінка динаміки основних метеорологічних характеристик вегетаційного періоду за

1981-2014 рр. з їх ретроспективними та перспективними нормами для опадів, температури, дефіциту та відносної вологості повітря наведена на рис. 1;

– **щодо опадів:** простежується значна амплітуда їх коливань за розглянутий період від 180 до 550 мм при нормі 287 мм з чітко вираженими максимумами у 1997 та 2014 рр. та відносно стійкими коливаннями їх значень у наступні після 1997 роки; при цьому середньорічна норма опадів за моделлю «Recent» менша за середньобаторічну норму моделі «Base»;

– **щодо температури повітря:** має місце протилежна картина, починаючи з 1981 р. амплітуда

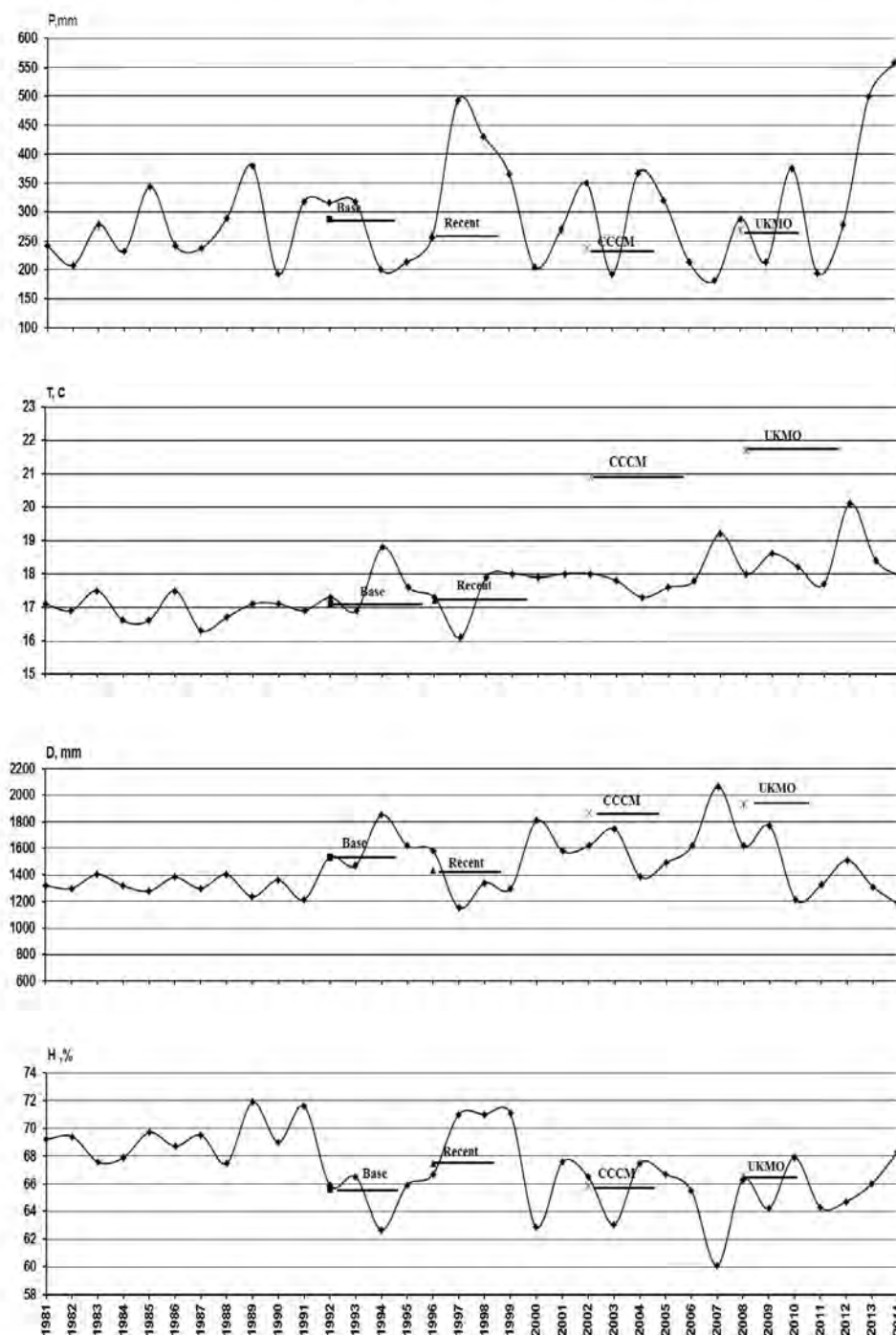


Рис. 1. Порівняльна оцінка значень основних метеорологічних характеристик вегетаційного періоду в ретроспективному, сучасному та перспективному станах

коливань досягає першого максимуму у 1994 р. – 18,9 °С, та стрімко падає до 15,9 °С у 1997 р., після чого спостерігається поступове підвищення температури до другого максимуму в 19,3 °С у 2007 р. та третього – в 20,2 °С у 2012 р. При цьому чітко виражений тренд підвищення температури за останні роки, але їх середньорічні значення значно менші за прогнозовані їх норми за моделями «СССМ» та «УКМО», хоча середньорічна норма за моделлю «Recent» вже дещо вища за середньобагаторічну норму моделі «Base»;

– **щодо дефіциту вологості повітря:** динаміка зміни дефіцитів вологості повітря в цілому відображає характерні особливості зміни амплітуди коливань за опадами та температурою: дефіцит вологості досягає першого максимуму у 1994 р. – 1850 мм при середньовеgetаційному значенні 8,69 мм, після цього він аналогічно знижується відповідно до 1150 мм або 5,40 мм у 1997 р., а за тим поступово підвищується до другого та третього максимумів у 2000 р. та у 2007 р. – відповідно 1810 мм або 8,50 мм та 2150 мм або 10,1 мм з поступовим зниженням до другої групи мінімумів у 2010 р. і 2014 р. – відповідно 1215 мм або 5,70 мм та 1175 мм або 5,52 мм. При цьому його середньорічна норма за моделлю «Recent» є нижчою за середньобагаторічну норму «Base», а його відповідні норми за моделями «СССМ» та «УКМО» вже знаходяться у межах сучасних коливань;

– **щодо відносної вологості повітря:** спостерігається протилежна ситуація щодо динаміки зміни відносної вологості повітря, тут два перші максимуми близько 72% мають місце у 1989 р. та 1991 р., після яких відбувається стрімке зниження її до першого мінімуму 62,9% у 1994 р. та аналогічне зростання до других максимумів близько 72% у 1996-1999 рр. з поступовим зниженням амплітуди коливань до другої групи мінімумів 61...63% у 2000 р., 2003 р. та 2007 р. із подальшою тенденцією до підвищення. При цьому середньорічна норма відносної вологості за моделлю «Recent» є набагато вищою за її середньобагаторічну величину за моделлю «Base», а її відповідні норми за моделями «СССМ» та «УКМО» знаходяться у межах сучасних коливань середньорічних значень, які навіть значно нижчі за них.

У цілому прогнозовані значення розглянутих метеорологічних характеристик за моделями «СССМ» та «УКМО» в зоні Придунайських РЗС, за виключенням температури повітря, вже знаходяться в межах їх сучасних коливань і навіть перевищують їх за окремими позиціями, що свідчить про стійку тенденцію зміни погодно-кліматичних умов у даному регіоні.

Отримані результати порівняльної оцінки формування погодно-кліматичних умов у зоні функціонування Придунайських РЗС за варіантами їх досліджень свідчать про те, що по всіх основних метеорологічних показниках, за виключенням відносної вологості повітря, насамперед це стосується температури повітря, як визначального фактора сучасних змін клімату, а також ФАР, як її похідної, вже відбуваються зміни, які у най-

ближчій перспективі можуть перевищувати 10-відсотковий критичний екологічний поріг, що за Н.Ф. Реймерсом [5] призведе до відповідних незворотних змін в екологічному стані довкілля зони рисосіяння.

Висновки. Встановлено, що при наявних темпах та рівнях змін погодно-кліматичних умов слід очікувати погіршення природно-меліоративних умов взагалі як у зоні Придунайських РЗС, так і в зоні рисосіяння України в цілому. Це неминуче негативно відобразиться на функціонуванні рисових систем у результаті відповідних змін еколого-економічного ресурсу, що потребує розробки адаптивних технічних та режимно-технологічних заходів з управління цими системами через відповідні комплексні наукові галузеві, державні та міждержавні дослідження і програми.

Тому питання підвищення ефективності функціонування Придунайських РЗС слід нероздільно розглядати з оцінкою і прогнозом погодно-кліматичних умов як на сучасному етапі реалізації кліматичної ситуації, так і в умовах можливих змін клімату як у найближчій, так і віддаленій перспективі.

Бібліографія

1. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем. Посібник до ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (розділ 3. Осушувальні системи). – К.: – 2008. – 63 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 1. Украинская ССР. Книга 1. – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1990. – 608 с.
3. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України [науково-методичні рекомендації / Дудченко В.В., Грановська Л.М., Рокочинський А.М., Мендусь С.П. та ін.]. – Херсон-Рівне, 2011. – 104 с.
4. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату. Наукова доповідь-інформація / М.І. Ромащенко, О.О. Собко, Д.П. Савчук, М.І. Кульбіда. – К.: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 46 с.
5. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс – М.: Журнал "Россия молодая", 1994. – 367 с.
6. Рис в Україні: [колективна монографія] / за ред. д.т.н., проф., член-кор. НААНУ В.А. Сташука, д.т.н., проф. А.М. Рокочинського, д.е.н., проф. Л.М. Грановської. – Херсон: ОЛДІ-П.ЛЮС, 2014. – 976 с.
7. 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.

А.Н. Рокочинский, В.А. Турченко, Н.В. Приходько

Учет погодно-климатических условий при оценке эффективности функционирования рисовых оросительных систем

Рассмотрена прогнозная оценка формирования погодно-климатических условий зоны рисосеяния Украины в ближайшей и отдаленной перспективе и их влияние на природно-мелиоративные режимы рисовых оросительных систем.

A.N. Rokochinsky, V.A. Turchenuk, N.V. Prykhodko

Accounting of the weather and climate conditions during the assessments of efficiency of function the rice irrigation systems

Considered the predictive estimation of the formation of weather and climate conditions of rice cultivation zone of Ukraine in the short and long term perspective and their impact on the natural land reclamation regimes of rice irrigation systems.