
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

УДК 631.67: 631:551.50: 631:550.58

МОДЕЛЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНКИ СЦЕНАРІЇВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРОШЕННЯ НА ТЕРИТОРІЯХ

Жовтоног О.І. - д.с.-г.н.,
Амарі А.О. - науковий співробітник,
Інститут водних проблем і меліорації НААН

У статті представлено результати оцінки біокліматичного потенціалу пілотної території та результати моделювання потенційного врожаю кукурудзи на зерно в межах двох районів Херсонської області при використанні та без використання зрошення. Моделювання здійснювалось за допомогою динамічної моделі продукційного процесу на основі типізації пілотної території за кліматичними та ґрунтовими умовами. Для оцінки продуктивності земель на пілотній території використано три типи сценаріїв водоземлекористування, що відрізнялись за площами використання зрошення та враховували чи не враховували ймовірні зміни клімату. Для оцінки сценаріїв водоземлекористування запропоновано систему технічних, екологічних та економічних індикаторів. Запропоновано використання сценарного моделювання для вирішення практичних завдань техніко-економічного обґрунтування планів відновлення та розвитку зрошення на територіях.

Ключові слова: моделювання врожайності кукурудзи на зерно, типізація території, потенційна продуктивність сільськогосподарських угідь, моделювання сценаріїв водоземлекористування, відновлення зрошення на територіях.

Жовтоног О.И., Амарі А.А. Моделирование потенциальной продуктивности орошаемых земель для оценки сценариев восстановления орошения на территориях

В статье представлены результаты оценки биоклиматического потенциала пилотной территории и результаты моделирования потенциального урожая кукурузы на зерно в пределах двух районов Херсонской области при использовании и без использования орошения. Моделирование осуществлялось с помощью динамической модели продукционного процесса на основе типизации пилотной территории по климатическим и почвенным условиям. Для оценки продуктивности земель на пилотной территории использовано три типа сценариев водоземлепользования, которые отличались по площадям использования орошения и учитывали или не учитывали возможные изменения климата. Для оценки сценариев водоземлепользования предложено систему технических, экологических и экономических индикаторов. Рекомендовано использование сценарного моделирования для решения практических задач технико-экономического обоснования планов восстановления и развития орошения на территориях.

Ключевые слова: типизация территории, потенциальная продуктивность угодий, моделирование сценариев водоземлепользования, восстановления орошения.

Zhovtonoh O.I., Amari A.O. Simulation of potential productivity of irrigated lands for assessing scenarios of irrigation restoration on-site

The article presents the assessment results of the bioclimatic potential of pilot areas and results of potential yield simulation of grain maize in two districts of the Kherson region with and without irrigation. Modeling was performed using a dynamic model of production process based on pilot area typization according to climatic and soil conditions. To assess land productivity, there were built three types of scenarios of water and land use; they differed in the area of irrigated land and taking or not taking into account possible climate changes. To assess the scenarios of water and land use, a system of technical, ecological and economic indicators is proposed. We recommend using scenario modeling to meet practical challenges of feasibility studies for irrigation restoration and development.

Keywords: territory typization, potential productivity of agricultural land, water and land use scenario simulation, irrigation restoration.

Постановка проблеми. Для забезпечення конкурентно-спроможного виробництва та соціально-економічного розвитку Південного регіону України необхідним є відновлення та розвиток зрошення на територіях [1, 2]. Залучення інвестицій у відновлення зрошення повинно ґрунтуватись на показниках агропотенціалу сільських територій. Для цього важливим є оцінка потенційної продуктивності земель з урахуванням сучасних змін природно-кліматичних умов та умов водоземлекористування. Аналіз вивчення літературних джерел показав, що попередні дослідження різних авторів щодо агропотенціалу територій Херсонської області базувались, головним чином, на даних точкових спостережень за ростом та розвитком сільськогосподарських культур та їх рівнів врожаїв у стаціонарних дослідках на агрометеостанціях та в експериментальних господарствах [3]. При цьому не було можливості оцінити просторово-часову мінливість продуктивності сільськогосподарських культур на територіях з врахуванням мінливості клімату, типів ґрунтів та змін умов водоземлекористування.

Єдина просторова карта [3] продуктивності сільськогосподарських земель була побудована на основі узагальнення та інтерполяції даних фактичних врожаїв у найкращих господарствах Херсонської області з прив'язкою їх до конкретних ґрунтово-кліматичних та екологічних умов. Однак, ці показники дещо занижені та не характеризують потенційний рівень врожаїв сільськогосподарських культур за сучасних ґрунтово-кліматичних умов і не враховують змін клімату [4] та умов водоземлекористування.

На сьогодні за умов впровадження інтенсивних технологій землеробства показники врожайності сільськогосподарських культур по окремих господарствах, що використовують зрошення, близькі до потенційного рівня. Тому, у зв'язку з необхідністю техніко-економічного обґрунтування інвестиційних проєктів відновлення зрошення, постала задача більш детального вивчення просторової мінливості саме потенційної продуктивності сільськогосподарських культур та потенційної продуктивності земель за сучасних природно-господарських умов.

Завдання і методика досліджень. Мета роботи – оцінити потенційну продуктивність сільськогосподарських угідь на основі моделювання сценаріїв водоземлекористування з урахуванням ймовірних змін клімату на пілотній території в межах Каховського та Чаплинського районів Херсонської області.

У ході проведення досліджень використано дані польових досліджень та статичні дані щодо використання зрошуваних земель. У дослідженнях застосовано аналітичний, статистичний, польовий, порівняльно-розрахунковий, імітаційний (моделювання) методи та метод системного аналізу.

Виклад основного матеріалу досліджень. Дослідження проводились для території Херсонської області в цілому та в межах двох районів області (Чаплинський та Каховський) з використанням статистичних даних управлінь сільськогосподарства, водогосподарських організацій, багаторічних даних спостережень на державних агрометеостанціях, на основі узагальнення даних експериментальних досліджень Інституту зрошувального землеробства НААН (Писаренко В.А, Писаренко П.В.) та на даних власних досліджень у окремих господарствах Херсонської області.

Перший етап досліджень передбачав вивчення факторів, що впливають на формування врожайності сільськогосподарських культур та на продуктивність території, а саме: зміни клімату та умов водоземлекористування, що відбулись на територіях за останні 20 років.

Для просторово-часової оцінки змін клімату нами використано коефіцієнт природного зволоження (K_z) [5], що розраховано за даними метеорологічних спостережень за репрезентативними метеостанціями Нова Каховка та Асканія-Нова. Встановлено, що показники K_z в межах пілотної території змінюються від $\leq 0,30$ до $0,40$ і суттєво впливають на тепло- та вологозабезпеченість території. За результатами обробки статистичних даних умов водоземлекористування за період 1985-2011 рр. на пілотних територіях виявлено скорочення площ використання зрошення на 25-65 %, зменшення водоподачі на зрошення на 65-85 %, а також зміни у структурі посівних площ (зменшення виробництва кормових культур, збільшення технічних і зернових культур, зокрема збільшення виробництва кукурудзи на зерно у три рази).

У наших дослідженнях для якісної просторової оцінки агропотенціалу територій було використано відому методику оцінки біокліматичного потенціалу (БКП) Д.І. Шашко [6] та для кількісної просторової оцінки потенційної продуктивності сільськогосподарських культур – динамічну модель продукційного процесу WOFOST [7]. Як при застосуванні методу Д.І. Шашко, так і при моделюванні продукційного процесу нами було використано просторово розподілені шари інформації, що побудовано за допомогою ГІС-технологій. Згідно адаптованої до умов пілотної території методики [5] нами виконано районування території області за коефіцієнтом природнього зволоження за період 1945-2013 рр. За результатами отримано більш достовірні дані оцінки БКП. Встановлено, що розподіл показників БКП Херсонської області з півдня на північ коливається в межах $<2,0 - >3,2$ відносних одиниць, а по пілотній території – $<2,0-2,6$ відповідно.

Другий етап досліджень передбачав кількісну просторову оцінку за допомогою моделювання потенційної продуктивності сільськогосподарських угідь. Для цього попередньо було виконано типізацію пілотної території із використанням програмної компоненти ArcGIS на основі поєднання карт площ репрезентативних метеорологічних станцій та типів ґрунтів.

В результаті типізації території в межах Чаплинського та Каховського районів відокремлено 12 типологічних областей з однорідними ґрунтовими та кліматичними умовами (рис. 1).

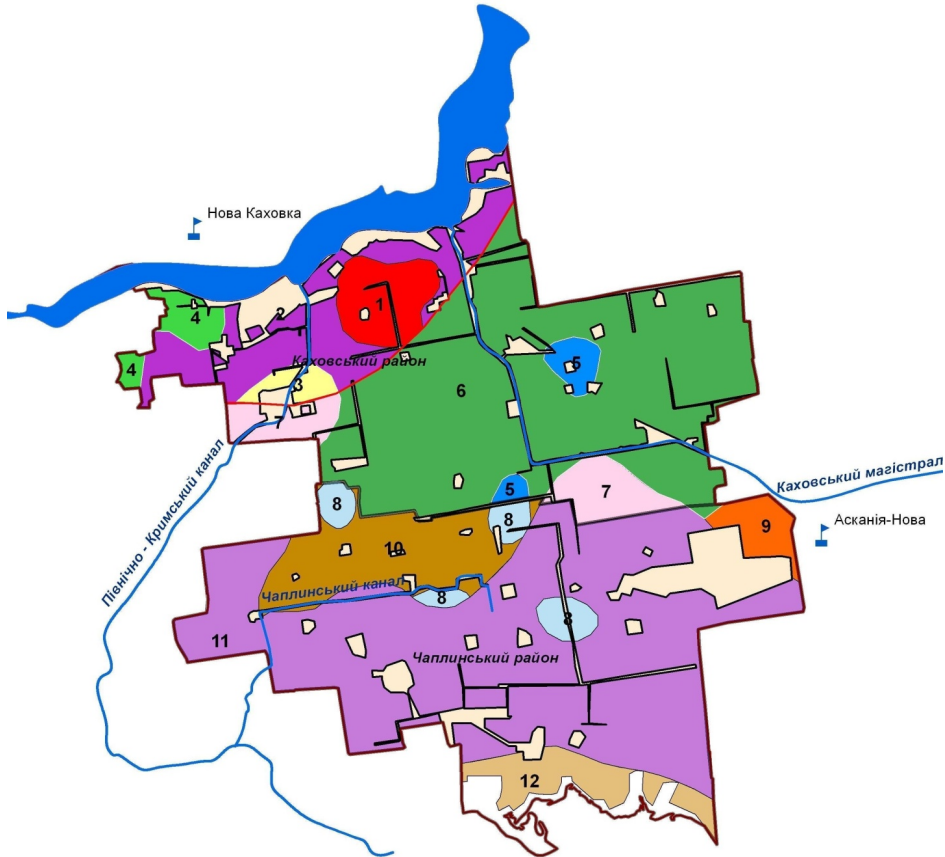


Рисунок 1. Карта 12 типологічних областей в межах щільної території з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов

Моделювання потенційної продуктивності здійснювалось для кукурудзи на зерно, що зараз широко застосовується у зрошуваному землеробстві. Дану культуру обрано за показниками значних площ вирощування, вона має високі харчові, кормові, технічні та інші якості, характеризується великими генетичними досягненнями, а в умовах зрошення дає значні прибутки врожаю. Після попередньої калібрації та верифікації динамічної моделі продукційного процесу WOFOST [8] було змодельовано потенційну врожайність обраної культури різних груп стиглості для кожної типологічної області з різними умовами використання зрошення за період 2000-2013 рр.

На рис. 2-3 представлено динаміку змодельованої врожайності на прикладі середньостиглої групи гібридів за умов зрошення і без зрошення для різних років із природною вологозабезпеченістю в межах репрезентативних метеостанцій.

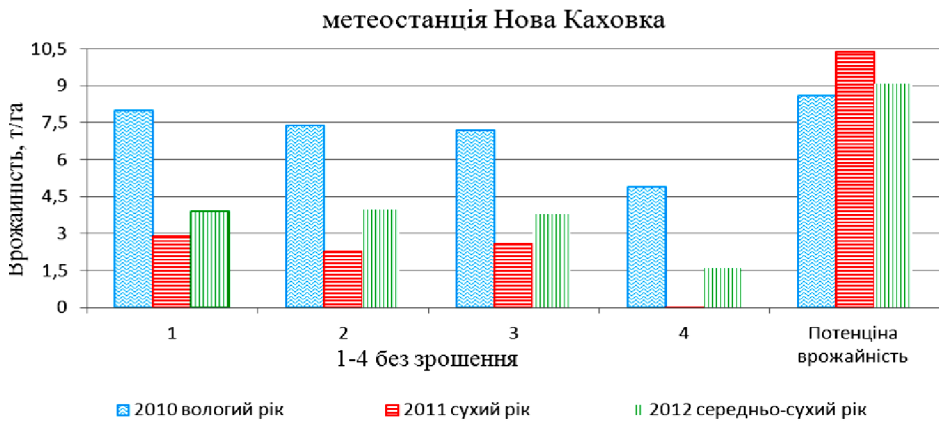
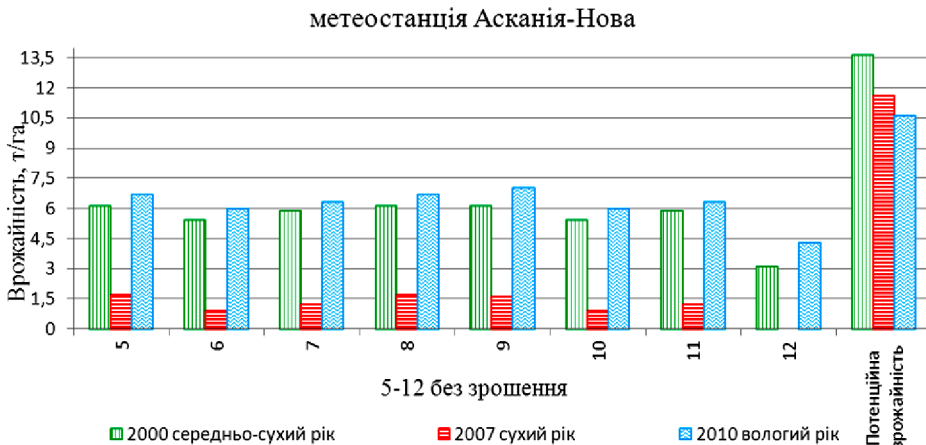


Рисунок 2. Просторово-часова варіація змодельованої врожайності кукурудзи на зерно по типологічних областях за умов метеостанції Нова Каховка



Рисисунок 3. Просторово-часова варіація змодельованої врожайності кукурудзи на зерно по типологічних областях за умов метеостанції Асканія-Нова

Визначено, що в середньому за 2000-2013 рр. потенційна врожайність на зрошенні складає в Каховському районі – 12,5 т/га, та 13,7 т/га у Чаплинському районі, а за умов без зрошення – лише 4,5 т/га та 3,6 т/га відповідно. За результатами моделювання врожайності культури отримано показники просторового розподілу продуктивності угідь по кожній типологічній області, що становлять: 1- 25,1 тис. т; 2- 41,4 тис. т; 3- 7,0 тис. т; 4- 1,4 тис. т; 5- 5,7 тис. т; 6- 254,3 тис. т; 7- 31,2 тис. т; 8- 18,3 тис. т; 9- 11,4 тис. т; 10- 18,6 тис. т; 11- 211,1 тис. т; 12- 9,9 тис. т.

Для вирішення задач планування відновлення та розвитку зрошення, крім визначення потенційного рівня врожаю сільськогосподарських культур, важливо є оцінка потенційної продуктивності територій при конкретних умовах водоземлекористування. Результати оцінки потенційної продуктивності різних територій дозволяють виділити пріоритети для інвестування, а також оцінити

економічну та екологічну сталість використання зрошення після його відновлення.

Третій етап досліджень включав адаптацію метода оцінки потенційної продуктивності територій за допомогою використання різних сценаріїв. В міжнародній практиці сценарні підходи є досить розповсюдженими, особливо для розробки стратегічних планів соціально-економічного розвитку територій [9, 10, 11].

В даній роботі запропоновано три типи сценаріїв водоземлекористування при відновленні зрошення. *Сценарій № 1 («Business as usual» - сучасний стан)* враховує існуючі умови водоземлекористування та зміни клімату, що відбулись за останні 20 років, а також агропотенціал за сучасних природно-господарських умов та технологій землеробства. *Сценарій № 2 («Restoration» - відновлення)* враховує ймовірні зміни клімату (тенденція до потепління: збільшення суми річної температури повітря на 1 °C [4], передбачає відновлення площ зрошення до рівня, який був у період його інтенсивного використання та проектування в минулому та сучасні показники агропотенціалу. *Сценарій № 3 («Modernization» - модернізація)* також враховує ймовірні зміни клімату та, але передбачає відновлення зрошення на обмеженій території за сприятливих екологічних умов та застосування водо-, енергозберігаючих технологій та технічних рішень, що забезпечують економію до 30 % водних та енергетичних ресурсів з відповідними показниками агропотенціалу в конкретних умовах.

Для кожного сценарію виконано моделювання потенційної врожайності кукурудзи на зерно та розраховано показники валового збору зерна при певній структурі посівних площ. Встановлено, що найбільший валовий збір зерна кукурудзи (991,1 тис. т) можна досягти за умови сценарію № 2 – при розширенні зрошуваних площ на 20 %. За умови сценарію № 3, якщо вилучити 3,3 % непродуктивних земель пілотної території із сільськогосподарського використання, валовий збір зерна буде складати 802,1 тис. т. Найменший змодельований показник валового збору зерна одержано за умови сценарію № 1 – 635,2 тис. т, що на 36 % менше за сценарій № 2 і на 21 % менше за сценарій № 3. Тобто, в результаті відновлення зрошення на пілотній території можна одержувати на 21-36 % більше обсягів валової продукції зерна кукурудзи, що при існуючих (станом на січень 2015 р.) реалізаційних цінах на цю культуру 2,5-2,7 тис. грн./т та затрат на матеріально-технічні ресурси 15-20 тис. грн./га може забезпечувати прибуток 17-20 тис. грн./га.

Для оцінки розроблених сценаріїв водоземлекористування запропоновано комплекс технічних, екологічних та економічних індикаторів (табл. 1). За допомогою комплексної індикативної оцінки проаналізовано наслідки та можливості реалізації того чи іншого сценарію.

Так, оцінка за технічним індикатором, що характеризує пропускну здатність зрошувальних систем, свідчить, що реалізація будь якого із запропонованих сценаріїв не призведе до дефіциту водних ресурсів при існуючому гідромодулі зрошуваних систем. Використання екологічного індикатора дозволило перевірити граничну умову щодо максимально можливого екологічно безпечного водонадходження на поля, що не викликає деградаційних процесів у ґрунтах в межах пілотної території. Результати оцінки підтвердили збереження екологічної стійкості за умов всіх сценаріїв. Навіть, за умов сценаріїв № 2 і 3,

де передбачено значне розширення площ зрошення, на відміну від умов сценарію № 1, об'єми водонадходження не перевищують екологічно допустимий діапазон. Оцінка за допомогою економічних індикаторів показала, що питомі витрати води на зрошення кукурудзи на зерно максимально збільшуються за умов сценарію № 2 ($Q_{\max}=234,0 \text{ м}^3/\text{т}$), а найменші – забезпечуються за умови сценарію № 3 ($Q_{\min}=198,3 \text{ м}^3/\text{т}$). Середній показник питомих зрошувальних витрат ($Q_{\text{ср}}=226,6 \text{ м}^3/\text{т}$) визначено відповідно за умови сценарію № 1. Це свідчить, що при розробці планів відновлення зрошення на пілотній території Сценарій № 3 «Modernization» є найбільш сталим, як з екологічної, так і з економічної точки зору.

Таблиця 1 – Результати індикативної оцінки сценаріїв водоземлекористування на пілотній території за умов середньо-сухих років

п/п	Найменування індикаторів	Сценарії водоземлекористування		
		№ 1	№ 2	№ 3
1	Технічний ¹ : технічно можливе водозабезпечення кукурудзи на зерно (сівозміни в цілому) за ККД зрошувальної системи	0,13 (0,33)	0,15 (0,39)	0,10 (0,27)
2	Екологічний ² : гранично допустима водоподачі на зрошення	0,54	0,62	0,43
3	Економічний: питомі витрати води на 1 т зерна кукурудзи, $\text{м}^3/\text{т}$	226,6	234,0	198,3
	Економічний: продуктивність кукурудзи на зерно, тис. т	635,2	991,1	802,1

1 - $q_{\max} \leq 0,45$ -обсяги водоподачі технічно допустимі, $q_{\max} > 0,45$ -обсяги водоподачі технічно недопустимі;

2 - < 1 – обсяги водоподачі гранично допустимі, > 1 – обсяги водоподачі гранично недопустимі.

Для подальшої розробки планів відновлення зрошення на територіях конкретних господарств чи модулів зрошувальних систем нами запропоновано додатково розраховувати їх ефективність при різних варіантах способів та техніки поливу, структури сівозміни. В результаті виконання техніко-економічних розрахунків з використання сценаріїв водоземлекористування для розробки плану інвестицій обирається найбільш економічно доцільний варіант, що забезпечує менші терміни окупності інвестицій.

Результати досліджень моделювання потенційної продуктивності сільськогосподарських культур на прикладі кукурудзи на зерно та запропонований метод сценарного підходу, що впроваджено для умов пілотної території, можна використовувати для інших територій зони Південного Степу України для вирішення задач відновлення та розвитку зрошення.

Висновки і пропозиції. Моделювання просторово-часової мінливості потенційної продуктивності сільськогосподарських культур та земель на основі використання динамічної моделі продукційного процесу дозволяє отримувати об'єктивну інформацію про агропотенціал територій з врахуванням змін клімату та умов водоземлекористування. В результаті моделювання продукційного процесу на пілотній території Чаплинського та Каховського району Херсонської області побудовано карти просторового розподілу рівня потенційної проду-

ктивності кукурудзи на зерно для сортів різної стиглості, яка змінюється по території у діапазоні 12,5-13,7 т/га на зрошенні та 3,6-4,5 т/га без зрошення.

Стратегічне планування відновлення та розвитку зрошення на основі сценарного моделювання потенційної продуктивності земель при різних варіантах водоземлекористування, що було виконано на прикладі пілотної території, свідчить, що найбільш перспективним та сталим є не сценарій № 2 «*Restoration*» - відновлення зрошення, а сценарій № 3 «*Modernization*» - модернізація зрошувальної системи, що передбачає зменшення екологічних ризиків, а також забезпечує менші витрати води ат електроенергії на 1 т врожаю. Запропонований метод сценарного моделювання продуктивності земель з урахуванням змін клімату та умов водоземлекористування рекомендується використовувати для техніко-економічного обґрунтування планів відновлення та розвитку зрошення на територіях.

СПИСОК ВКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Коваленко П.І. Відновлення високоефективного використання меліорованих земель / Коваленко П.І. // Вісник аграрної науки. Київ, 2006. – Спец. вип. 3-4. – С. 26-28.
2. Ромащенко М.І. Концепція відновлення та розвитку зрошення у Південному регіоні України / за наук. редакцією академіка НААН, д.т.н. Ромашенка М.І. – К.: ЦП «Компринт», 2014 – 28 с.
3. Величко В.А. Родючість ґрунтів України за агропотенціалами основних сільськогосподарських культур: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук.: спец. 06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика / Величко В.А. – Харків, 2009. – 27 с.
4. Qin S. IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / S. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds.) // Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2007. – 996 p.
5. Жовтоног О.І. Оцінювання біокліматичного потенціалу сільських територій / О.І. Жовтоног, Л.А. Філіпенко, Т.Ф. Деменкова, А.О. Ватаман // Міжвідомчий тематичний наук. зб. Меліорація і водне господарство, 2010. – Вип. 98. – С. 351-361.
6. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР / Шашко Д.И. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 256 с.
7. Boogaard H.L. User's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5 / Boogaard H.L., van Diepen C.A., Cabrera J.M., van Laar H.H. // DLO-Winand Staring Centre, Wageningen, Technical Document, 1998. – № 52. – 144 p.
8. Ватаман А.О. Аналіз використання моделі WOFOST при моделюванні потенційного врожаю кукурудзи на зерно в кліматичних умовах Херсонської області / Ватаман А.О. // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Айлант, 2009. – Вип.67. – С. 110-120.
9. Roerink G.J. Towards Sustainable Irrigated Agriculture in Crimea, Ukraine: a pea for the Future. / Roerink G.J., Zhovtonog O.I. – Wageningen: Alterra, 2005. – 138 p.

10. Working paper on indicator framework // SCENES Impact indicators, 2007. – 76 p.
11. Жовтоног О.І. Сценарії використання водних ресурсів для зрошення / Жовтоног О.І., Філіпенко Л.А., Шостак І.К., Поліщук В.В. // К: Вісник аграрної науки. –К.: Аграрна наука, 2009. – № 2. – С. 57-62.

УДК 631.675:631.674.5

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ «ГІС ПОЛИВ» ТА МОДУЛЮ IRRIMET ІНТЕРНЕТ-МЕТЕОСТАНЦІЇ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ЗРОШЕННЯ ПРИ ДОЩУВАННІ

Жовтоног О.І. – д.с.-г.н.,
Філіпенко Л.А. – к. геогр.н.,
Деменкова Т.Ф. – н.с.,
Діденко Н.О. – н.с., Інститут водних проблем і меліорації НААН

У роботі проаналізовано та порівняно розрахунки режимів зрошення за допомогою двох різних методів: інформаційної системи «ГІС Полив», що розроблено у лабораторії використання зрошуваних земель Інституту водних проблем і меліорації НААН та модуля IRRIMET автономної інтернет-метеостанції фірми i-Metos при підтримці Pessl Instruments.

Ключові слова: інформаційні системи, оперативне планування зрошення, вологість ґрунту, ІС «ГІС Полив», модуль IRRIMET.

Жовтоног О.И., Филипенко Л.А., Деменкова Т.Ф., Диденко Н.А. *Использование информационной системы «ГИС Полив» и модуля IRRIMET интернет-метеостанции для оперативного планирования орошением при дождевании*

В работе проведено сравнение расчетов режимов орошения с помощью двух разных методов: информационной системы ИС «ГИС Полив», которая разработана в Институте водных проблем и мелиорации НААН и модуля IRRIMET автономной интернет-метеостанции фирмы i-Metos при поддержке Pessl Instruments.

Ключевые слова: информационные системы, оперативное планирование орошением, влажность почвы, ИС «ГИС Полив», модуль IRRIMET.

Zhovtonoh O.I., Filipenko L.A., Demenkova T.F., Didenko N.O. *Applying GIS POLIV information system and IRRIMENT module of the internet weather station for operational planning of sprinkler irrigation*

The paper presents the analysis and calculation comparison of irrigation regimes using different methods: Gis Poliv information system developed in the Irrigated Lands Use Laboratory of the Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS and software module IRRIMET of the autonomous Internet weather station of i-Metos company, with the support of Pessl Instruments.

Keywords: information systems, operational irrigation planning, soil moisture, GIS POLIV information system, IRRIMET module.

Постановка проблеми. Сучасні можливості використання обчислювальної техніки, прогрес у розвитку технологій одержання та передачі інформації, наукові досягнення у меліорації, агрометеорології та інших галузях науки і техніки створили нові можливості для удосконалення та розвитку методів управління технологічними процесами вирощування сільськогосподарських