

УДК 631.6:330.3:332.3:330.341.1:519.688

С. В. Коковіхін,

д. с.-г. н., професор, завідувач кафедри організації виробництва і агробізнесу,
Херсонський державний аграрний університет

Н. С. Танклевська,

д. е. н., професор, завідувач кафедри фінансів, Херсонський державний аграрний університет

Н. В. Кириченко,

аспірант, Херсонський державний аграрний університет

НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ТА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЗРОШЕННЯМ НА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНІ ГОСПОДАРСТВ

S. Kokovihin,

doctor of agricultural sciences, professor, head of department of production and agribusiness,

Kherson State Agrarian University

N. Tanklevska,

doctor of Economics, Professor, head of department of Finance, Kherson State Agrarian University

N. Kirichenko,

a graduate student, Kherson State Agrarian University

SCIENTIFIC APPROACHES TO DEVELOP INNOVATIVE METHODS OF PLANNING AND OPERATIONAL MANAGEMENT OF IRRIGATION LOCALLY FARMS

У статті теоретично та науково-практично обґрунтовано наукові підходи до розробки інноваційних методів планування та оперативного управління зрошенням на локальному рівні господарств. Запропоновано використання розробленого програмно-інформаційного комплексу "Тригація", який забезпечить високу точність розрахунків вмісту запасів вологи в активному шарі ґрунту, простоту у використанні та невисоку вартість. Встановлено, що використання даного програмного продукту в практичних умовах дозволить формувати оптимальний поливний режим, заощадити воду, енергоносії, технічні засоби, трудові ресурси, сприятиме підвищенню врожаю та покращенню його якості, зростанню економічної ефективності й екологічної безпеки землеробства на зрошуваних землях півдня України.

In the article theoretically and practically grounded research and scientific approaches to develop innovative planning and operational management of irrigation farms at the local level. Proposed use of the developed software and information systems "Irrigation", which provides highly accurate calculations of a moisture content in the active layer of the soil, ease of use and low cost. Established that the use of this software in practical terms will generate optimal irrigation regime save water, energy, equipment, manpower, will increase the yield and improve its quality, increase economic efficiency and environmental safety of farming on irrigated land South of Ukraine.

Ключові слова: зрошення, інноваційні методи, евапотранспірації (випаровування), процеси транспірації, оперативне управління зрошенням, штучне зволоження, оптимальний поливний режим, програмно-інформаційний комплекс, інформаційні технології в сільському господарстві.

Key words: irrigation, innovative methods evapotranspiratsiya (evaporation), transpiration processes, operational management of irrigation, artificial hydration, optimal irrigation regime, software and information complex, information technology in agriculture.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На даний час розробка інноваційних методів планування та оперативного управління зрошенням на локальному рівні господарств є досить актуальним питанням. Планування штучного зволоження визначено як процес передбачення оптимальної кількості й розподілу в часі поливної води за окремими масивами, полями та ділянками. Прогнозування зрошення дозволяє вирішити задачі щодо подачі необхідної кількості поливної води на окремі поля сівозмін, а також для задоволення госпо-

дарств в цілому. Головною метою оптимізованого штучного зволоження є забезпечення високої ефективності зрошення за допомогою подачі необхідної кількості води на локальні ділянки господарств, яка подолає дефіцит водоспоживання й дозволить рослинам повною мірою реалізувати свій генетичний потенціал.

СТАН ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ

У зарубіжній і вітчизняній літературі є ряд досліджень, присвячених проблемам розробки методів планування та оперативного управління зро-

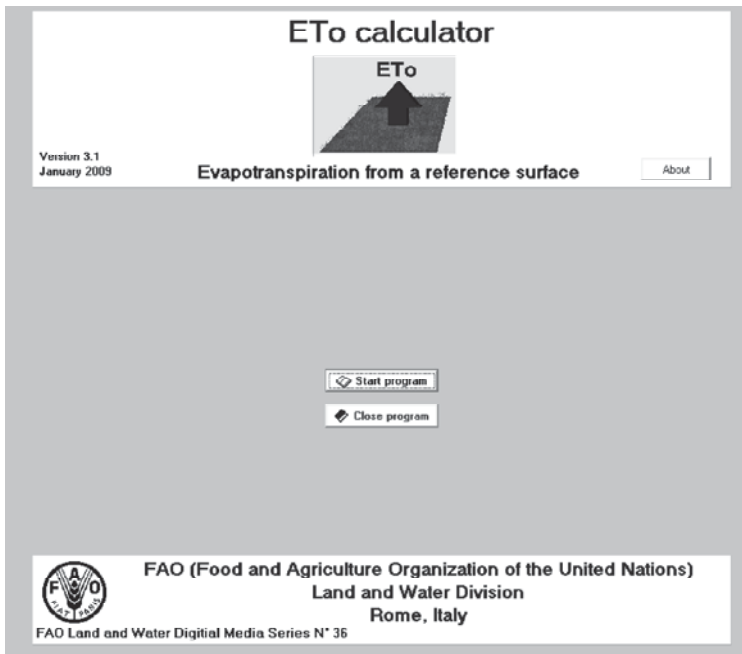


Рис. 1. Головна сторінка програми ET calculator

шенням. Слід зазначити наукові роботи вітчизняних учених: Гончаров С. М., Коробченко [6], Жовтоног О. І. [5], Коваленко П. І., Коковіхіна С. В. [8, 11], Лимарь А. О., Лисогорова С. Д. [4], Мішукова Л. С. [11], Писаренко В. А., Писаренко П. В. [8], Ромко А. В. [3], Собко О. О. [1], Харченко О. В. [7], Штойко Д. А. [9] та багатьох інших.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є теоретичне та науково-практичне обґрунтування наукових підходів до розробки інноваційних методів планування та оперативного управління зрошенням на локальному рівні господарств.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Теоретичною основою роботи є праці вітчизняних і зарубіжних авторів. Дослідження проведені з використанням спеціальних методик із застосування інформаційних технологій в сільському господарстві. Для дослідження використано програму ET calculator версії 3.1, використано метод Пенмана-Монтейта, програмно-інформаційний комплекс (ПК) "Тригація", методи математичного моделювання.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Оптимізація зрошення заощаджує поливну воду, енергоносії, технічні засоби, трудові ресурси, сприяє підвищенню врожаю, забезпечує економічну ефективність та екологічну безпеку землеробства на поливних землях. Важливою проблемою, яка в останні 10—15 років дуже часто зустрічається у виробничих умовах

Південного Степу України, є відсутність дійових методів і засобів встановлення норм та строків поливів сільськогосподарських культур на рівні господарств різних розмірів і спеціалізації. Через це агровиробники проводять поливи з використанням застарілих рекомендацій, а іноді визначають дати і норми поливів окомірно з великими похибками без врахування фактичних і прогнозованих вологозапасів ґрунту, величини добового випаровування (евапотранспірації), кількості опадів, біологічних потреб с.-г. культур тощо [10].

Сьогодні одним з інноваційних методів планування та оперативного управління зрошенням є програма ET calculator версії 3.1, яка створена ФАО ООН в січні 2009 р. Дана програма доступна на англійській мові і розповсюджується Агенцією земельних і водних

ресурсів Digital Media. Вона включає довідкове меню, яке пояснює використання цієї комп'ютерної програми. Дослідження з цього напрямку проведені з використанням спеціальних методик із застосування інформаційних технологій в сільському господарстві. Основною функцією програми є можливість встановлення показників евапотранспірації (випаровування) згідно стандартів ФАО та найбільш розповсюджених світових методів контролю за вологообміном в ґрунті [2].

ET calculator дозволяє встановити евапотранспірацію залежно від особливостей метеорологічних умов та стану поверхні ґрунту (рис. 1).

Програма дозволяє одержати показники евапотранспірації за допомогою автономних електронних розрахунків за методом Пенмана-Монтейта. За результатами порівняння моделей евапотранспірації за даними лізиметрів з 11 станцій у всьому світі в різних кліматичних умовах, ця залежність була визнана кращою для всіх зон і погодних умов [4]. В переважній більшості країн світу ця модель є стандартом розрахунку потенційної евапотранспірації, оскільки вона якнайповніше відображає фізичні процеси, обумовлені сонячною радіацією, аеродинамікою і транспірацією рослин. Середньодобове випаровування встановлюються за формулою (1).

$$\lambda_w ET_p = \frac{10^{-4} \Delta_v (R_n - G) + 8.6410^6 \rho_{air} C_{air} (e_{sat} - e_{act}) \frac{1}{T_{air}}}{\Delta_v + \gamma_{air} \left(1 + \frac{T_{erop}}{T_{air}} \right)} \quad (1),$$

де λ_w — енергія пароутворення (Дж/гр);

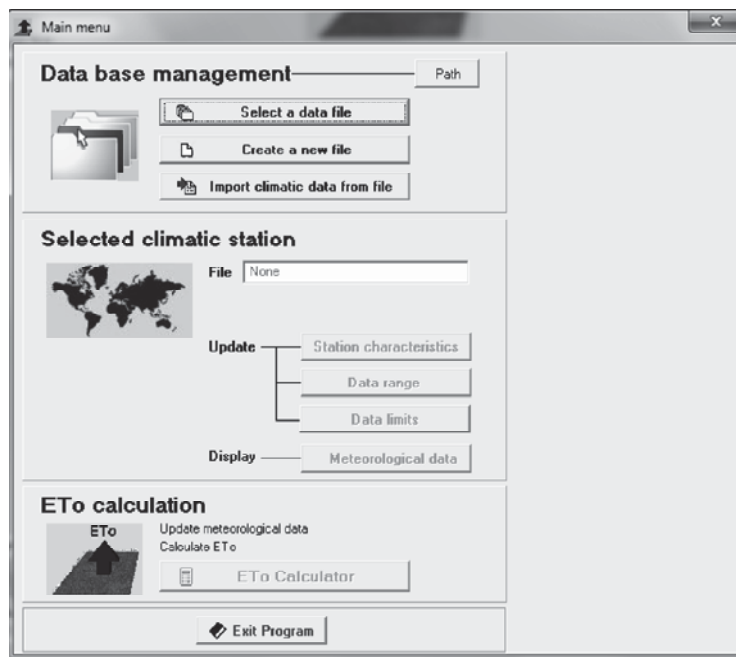


Рис. 2. Формування бази вхідних даних програми ET calculator

$E T_p$ — потенційна евапотранспірація (см/доб.);

Δ_v — нахил кривої тиску пару (кПа/°C);

R_n — надходження сонячної радіації (Дж м⁻² доб.⁻¹);

G — надходження ґрунтового тепла (Дж м⁻² доб.⁻¹);

ρ_{air} — щільність повітря (г/см³);

C_{air} — теплоємність повітря (Дж гр⁻² °C⁻¹);

e_{sat} — тиск насиченої пари (кПа);

e_{act} — фактичний тиск пари (кПа);

r_{crop} — опір листкової поверхні (с/м);

r_{air} — аеродинамічний опір (с/м);

γ_{air} — психометрична константа (кПа °C⁻¹).

Опір листкової поверхні залежить від швидкості вітру та висоти рослин. Цей показник можна знайти за формулою (2).

$$r_{crop} = \frac{\ln\left(\frac{z_m - d}{z_{om}}\right) \ln\left(\frac{z_h - d}{z_{oh}}\right)}{k_{vk}^2 u} \quad (2),$$

де z_m — висота точки виміру швидкості вітру (м);

z_h — висота точки виміру температури та тиску (м);

d — точка відліку профілю вітру (м);

z_{om} — коефіцієнт неточності для імпульсу (м);

z_{oh} — коефіцієнт неточності для тепла та тиску (м);

k_{vk} — константа фон Кармана = 0,41;

u — швидкість вітру на висоті z_m (м/с)

Параметри d , z_{om} і z_{oh} визначаються за формулами (3—5).

$$d = \frac{2}{3} h_{crop} \quad (3),$$

$$z_{om} = 0,123 h_{crop} \quad (4),$$

$$z_{oh} = 0,1 z_{om} \quad (5),$$

де h_{crop} — висота рослин (м).

Для розрахунку аеродинамічного опору використовується формула (2), при цьому висота рослин приймається рівною 1 мм.

Як бачимо, розрахунки за розглянутим вище методом дуже складні та мають багато вхідних показників. Проте, основною вхідною інформацією для розрахунку за формулою Пенмана-Монтейта є середньодобова температура повітря, сонячна радіація, швидкість вітру й атмосферний тиск.

Для прискорення й полегшення розрахунку евапотранспірації за допомогою програми ET calculator необхідно сформуванню файлу первинної інформації "Create a new file", який може відображати різні сукупності вхідних даних (рис. 2).

Програма може обробляти щоденні, щоденні та щомісячні метеорологічні дані. Вхідна інформація може бути містити широкий спектр даних і показників, які використовуються в кліматології, а також інших галузях. Коли деякі вхідні дані відсутні, програма проводить автоматичне їх встановлення за допомогою методики ФАО, яка узагальнює дослідження багатьох вчених різних країн світу. Мінімальними вхідними даними є максимальна і мінімальна температура повітря, які приймаються для електронного розрахунку показників евапотранспірації за певні періоди часу. Слід зауважити, що чим більша кількість вхідних показників буде введена в активні вікна програми, тим вище буде точність встановлення евапотранспірації.

Вхідні кліматичні дані можуть бути експортовані з інших спеціальних програм (наприклад, AquaCrop) або з баз даних Інтернет (рис. 3). Як недолік програми, слід вказати на неможливість прямого копіювання цифрових даних з буферу обміну Microsoft Office (Excel, Word, Access), що створює труднощі введення вхідної інформації.

Після введення вхідних даних необхідно перейти до активного вікна "Meteorological data and ETo" (рис. 4). В цьому вікні відображаються показники евапотранспірації в мм, які можна використовувати для коригування строків і норм поливів, програмування врожаю тощо.

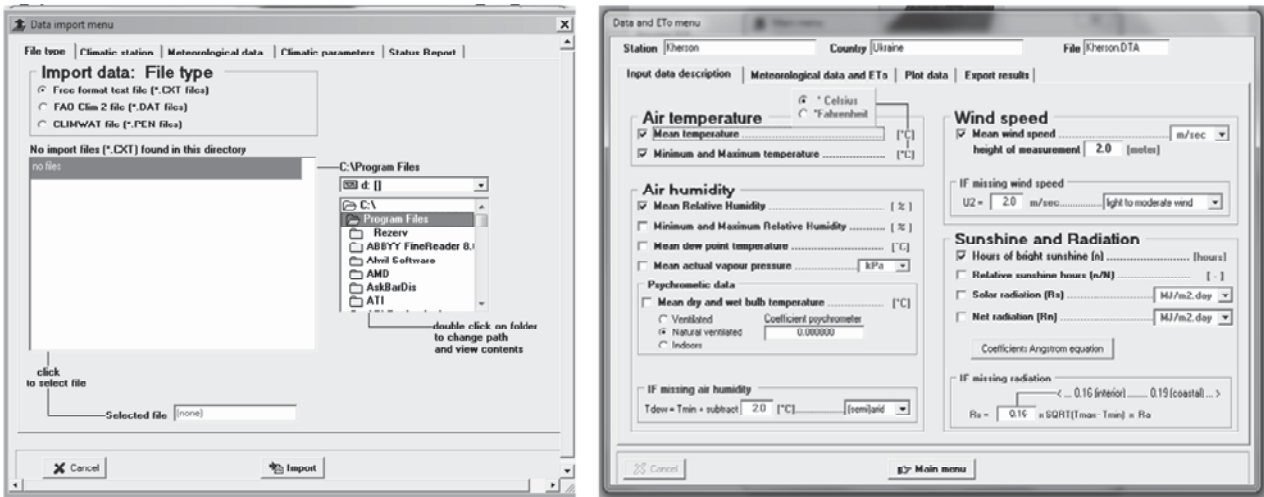


Рис. 3. Імпорт вхідних даних до активних вікон

Одержані дані також можна вносити до спеціального програмного забезпечення програмно-інформаційного комплексу "Тригація", а також імпортувати у файли баз даних інших спеціальних програм ФАО, наприклад CLIMWAT і FAOCLIM.

Для підвищення ефективності штучного зволоження на локальному рівні господарств в Інститут зрошуваного землеробства на засадах узагальнення багаторічних експериментальних даних (Штойко Д.А., Писаренко В.А., Коковіхін С.В., Писаренко П.В. та ін.) було розроблено методи вста-

новлення строків і норм вегетаційних поливів, які потребують мінімальної кількості вихідних показників для планування режимів зрошення, і, навпаки, одержання максимальної інформативності від імітаційного моделювання середньодобового випаровування та інших елементів водного балансу. Головними показниками, що впливають на прогнозовані строки й норми вегетаційних поливів є середньодобове випаровування (евапотранспірація) та кількість опадів [8, 9].

В останні десятиліття з'явилася можливість застосування інформаційно-обчислювальних

Day	1	2	3	4	5	6	7
Month	May	May	May	May	May	May	May
Year	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Tmax °C	25.2	26.9	26.2	27.5	24.9	26.7	22.1
Tmean °C	19.4	22.1	20.9	17.4	18.1	17.5	16.9
Tmin °C	14.7	16.4	17.1	15.7	13.7	14.0	11.9
RHmean %	62.9	63.0	59.1	62.7	57.4	61.5	62.4
u(2) m/sec	4.30	5.90	6.80	2.10	1.90	5.70	3.20
n hour/day	7.20	6.40	8.40	5.30	7.40	6.90	7.70
ETo mm/day	4.0	5.4	6.2	4.1	4.2	5.6	4.2

Рис. 4. Розрахунок показників евапотранспірації за допомогою електронного моделювання програми ET calculator

Господарство: СТОВ "Дніпро"								Район: Білозерський		Область: Херсонська	
Культура (сорт, гібрид): Люцерна (сорт Херцогиня 2 року використання)		Сівозміна, № поля, площа: 2/4, 42 га		Рік: 2008		Рівень ґрунтових вод, м: понад 3 м		Повернутися на Головну сторінку			
Режим зрошення, %НВ: 70-75		Розрахунковий шар, м: 0,7		Поточні запаси вологи, м³/га		Вологість ґрунту від НВ в розрахунковому шарі, %		Примітки			
День місяця	Вихідні (контрольні) запаси вологи, м³/га	Середньодобове випаровування, м³/га	Надходження вологи за рахунок опадів, м³/га	Вегетаційні поливи, м³/га	Поточні запаси вологи, м³/га	Вологість ґрунту від НВ в розрахунковому шарі, %					
ТРАВЕНЬ											
1	1227,9	35,5			1192,4	80,8					
2	1192,4	35,9			1156,5	78,3					
3	1156,5	36,3	20,0		1140,2	77,2					
4	1140,2	36,7	7,0		1110,6	75,2					
5	1110,6	37,1			1073,5	72,7					
6	1073,5	37,5		450,0	1486,0	100,7	Перший полив				
7	1486,0	37,9	8,0		1456,2	98,6					
8	1456,2	38,2			1417,9	96,1					
9	1417,9	38,6	75,0		1454,3	98,5					
10	1454,3	39,0			1415,4	95,9					
11	1415,4	39,3			1376,1	93,2					
12	1376,1	39,7	33,0		1369,4	92,8					
13	1369,4	40,0	8,0		1337,4	90,6					
14	1337,4	40,4			1297,0	87,9					
15	1297,0	40,7			1256,3	85,1					
16	1256,3	41,0			1215,3	82,3					
17	1215,3	41,3	33,0		1207,0	81,8					
18	1207,0	41,7			1165,3	78,9					
19	1165,3	42,0			1123,4	76,1					
20	1123,4	42,3			1081,1	73,2					
21	1081,1	42,6			1038,6	70,4					
22	1038,6	42,9		500,0	1495,7	101,3	Другий полив				

Рис. 5. Введення поточної інформації для розрахунків строків і норм вегетаційних поливів (пояснення в тексті)

систем управління режимами зрошення. Вони забезпечують раціональне використання зрошувальної води, отримання запрограмованих врожаїв, мінімізацію негативного тиску на довкілля. Основою електронних розрахунків розробленого комп'ютерного комплексу є модель зміни запасів ґрунтової вологи з використанням рівняння водного балансу, а також фактичних (за минулий період) і прогнозованих (на розрахунковий термін) параметрів вологозапасів ґрунту.

З метою проведення планування й оперативного управління режимами зрошення основних сільськогосподарських культур в Інституті зрошуваного землеробства розроблено програмно-інформаційний комплекс (ПК) "Іригація", який містить бази даних електронних таблиць у програмі Microsoft Office Excel 2003. Для спрощення його використання у виробничих умовах для розрахунків використано показники, які найбільше впливають на водообмін і забезпечують достатню точність імітаційного моделювання. До таких показників відносяться вихідні (контрольні) запаси вологи, середньодобове випаровування (евопотранспірація) і кількість опадів.

Перед початком використання цієї програми необхідно скопіювати всі папки і файли з оригінального CD-диску на жорсткий диск комп'ютера (наприклад, на диск C:). Після чого відкрити Папку PIC-Irrigation і в ній — файл Irrigation-menu.xls, на який можна зробити ярлик на Робочому столі. Після відкриття можна за допомогою натискування комп'ютерної миші обирати сільськогосподарські культури з метою планування режимів зрошення або звернутися до розділу "Допомога" для отримання необхідної довідкової інформації з методичних рекомендацій щодо проведення розрахунків. При натискуванні на електронне гіперпосилання "1. Люцерна" з'являється активне вікно програми, в яке необхідно ввести необхідну текстову й цифрову інформацію. Переміщення по різних місяцях, декадах і днях вегетаційного періоду певної сільськогосподарської культури можна здійснювати шляхом натискування відповідних кнопок внизу або у верхньому правому кутку вікна.

Для забезпечення точності розрахунків слід на початку вегетаційного періоду рослин (або під час відновлення вегетації у багаторічних культур) визначити вихідні вологозапаси ґрунту (рис. 5,

позначка 1), які в подальшому приймаються за основу електронних водно-балансових розрахунків. В умовах виробництва їх можна здійснювати термостатно-ваговим або іншими методами. Крім того, у період вегетації рекомендуємо для забезпечення високої точності розрахунків проводити контрольні замірювання вологості ґрунту й внесення їх результатів у дану колонку. В третій колонці (див. рис. 5, позначка 2) наведені показники середньодобового випаровування за періодами, які отримані шляхом кореляційно — регресійного моделювання по календарних датах. В цю колонку можна також заносити фактичні показники добових вологовитрат, розраховані будь-яким методом, про які наведена довідкова інформація у файлі "Допомога").

Наступний і дуже важливий елемент програми — надходження води за рахунок атмосферних опадів (рис. 5, позначка 3). Контроль за кількістю опадів, розподіл яких по площі може суттєво різнитися, слід організовувати окремо по зрошуваних ділянках за допомогою комп'ютерно-сенсорного моніторингу, автономного електронного устаткування, механічних дощомірів, лізиметрів і, навіть, з використанням найпростіших саморобних приладів (збирання опадів в ємкості з відомою площею з подальшим перерахунком надходження води в м³/га).

У колонці "Поточні запаси води" (рис. 5, позначка 4) відбувається автономний розрахунок вмісту води на кожен день кожного місяця вегетації сільськогосподарських культур за винятком витрат на випаровування та додаванням надходження води з опадами й поливами. Для заповнення календарних дат, які знаходяться нижче за зображеними в активному вікні, треба скористатися колесом миші або смугою прокрутки в правій частині програми.

Для спрощення визначення дати проведення чергового поливу в наступній колонці наведена поточна вологість ґрунту у відсотках від найменшої вологоємкості. При зниженні цього показника до значення передбаченого встановленим режимом зрошення (в розглянутому прикладі для люцерни це передполивним поріг 70% НВ, в шарі ґрунту 0,7 м), тобто близькому до 70% НВ (72,7% — рис. 5, позначка 5), на наступний день передбачається проведення поливу з нормою, яка доведе вологозапаси приблизно до 100% НВ.

У даному випадку було потрібно проведення поливу нормою 450 м³/га, яким вологозапаси були доведені до 100,7% НВ. Таким чином, відбувається планування строків і норм поливів у подальший період, причому поточні вологозапаси вегетаційного періоду рослин для останнього дня кожного місяця автоматично синх-

ронізуються з першим числом наступного місяця й, відповідно, з подальшими датами.

З метою візуалізації контролю над рівнем вологозапасів внизу кожного активного вікна побудовано графік динаміки вологовитрат, який відображає лінійну функцію вмісту води в ґрунті та показники її надходження за рахунок атмосферних опадів та вегетаційних поливів.

Виробнича перевірка розробленого програмно-інформаційного комплексу показала його високу точність, швидкість отримання результатів та простоту у використанні. Крім того, відмічене скорочення витрат поливної води внаслідок зниження кількості поливів і їх норм, що обумовлено більш ефективним контролем за рівнем вологозапасів ґрунту. Це свідчить про перспективність застосування цієї розробки та обґрунтовує необхідність продовження науково-дослідних робіт з обраного напрямку.

ВИСНОВКИ

Для оптимізації режимів зрошення сільськогосподарських культур з урахуванням сучасного рівня науково-технічного прогресу доцільним є використання математичного моделювання.

Програмне забезпечення ET calculator призначене для встановлення показників евапотранспірації і може бути використано в науково-дослідних цілях, умовах виробництва. Враховуючи переваги використання методу Пенмана-Монтейта, який був вибраний фахівцями ФАО як базовий, оскільки найбільш точно відображає процеси транспірації рослин та випаровування, включає метеорологічні, фізіологічні й аеродинамічні параметри, існує необхідність детальної перевірки його точності для умов Південного Степу України, а також порівняння з іншими загальноприйнятими розрахунковими методами (біокліматичний, біофізичний, середньодобового випаровування та ін.).

Розроблений в Інституті зрошуваного землеробства НААН України Програмно-інформаційний комплекс "Іригація" забезпечує високу точність розрахунків вмісту запасів води в активному шарі ґрунту, простоту у використанні та невисоку вартість. Використання створеного програмного продукту в практичних умовах дозволить формувати оптимальний поливний режим, заощадити воду, енергоносії, технічні засоби, трудові ресурси, сприятиме підвищенню врожаю та покращенню його якості, зростанню економічної ефективності й екологічної безпеки землеробства на зрошуваних землях півдня України.

Література:

1. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення / Коваленко П.І., Собко О.О., Писаренко В.А. та ін. — К.: Аграрна наука, 2001. — 274 с.

2. Інтернет-ресурс: <http://www.fao.org/nr/water/ETo.html>

3. Ромко А.В. Создание интегрированной модели агроэоценоза на мелиорированных землях // Матер. межд. конф. "Научные технологии в мелиорации". — М.: ГНУ ВНИИ-ГиМ, 2005. — С. 385—389.

4. Справочник по прогнозированию и программированию урожая на юге Украины / Лымарь А.О., Лысогоров С.Д., и др. — Одесса: Маяк, 1987. — 173 с.

5. Жовтоног О.І. Планування адаптивного екологічно безпечного зрошення // Вісник аграрної науки. — 1999. — № 12. — С. 62.

6. Сельскохозяйственные мелиорации / Гончаров С.М., Коробченко С.М. и др. — Львов: Вища школа, 1988. — 352 с.

7. Харченко О.В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / За рад. академіка УААН В.А. Ушкаренко. — 2-е вид., перероб. і доп.-Суми: Університетська книга, 2003. — 296 с.

8. Писаренко В.А., Коковіхін С.В., Писаренко П.В. Рекомендації з режимів зрошення сільськогосподарських культур в Херсонській області. — Херсон: Айлант. — 20 с.

9. Штойко Д.А. Нормативы проектирования орошения сельскохозяйственных культур и гидромодуля в условиях интенсивного использования орошаемых земель. — М.: Колос, 1965. — С. 171—185.

10. Методика планування оптимальних екологічно безпечних режимів зрошення: Препр. / УкрНИИГиМ. — К., 1997 — 43 с.

11. Методичні вказівки по застосуванню розрахункового методу визначення строків поливу сільськогосподарських культур за показниками середньодобового випаровування / В.А. Писаренко, С.В. Коковіхін, Л.С. Мішукова та ін. — Херсон: Колос, 2005. — 16 с.

References:

1. Kovalenko P.I., Sobko O.O. and Pysarenko V.A. (2001), Suchasnyj stan, osnovni problemy vodnykh melioratsij ta shliakhy ikh vyrishennia [Modern state, basic problems of water land-reclamations and ways of their decision], Ahrarna nauka, Kiev, Ukraine.

2. FAO, "Water Development and Management Unit", "Information Resources", "ETo Calculator", available at: <http://www.fao.org/nr/water/ETo.html>

3. Romko A.V. (2005), "Creation of the integrated model of agroecocenos on the reclaimed lands" Zbirka materialiv mizhnarodnij konferentsii Naukoemkye tekhnolohyy v melyoratsyy [materials of international conference High-tech technologies in land-reclamation], Mizhnarodna konferentsiya [international conference], State Scientific Institution all-Russian research Institute of Hydraulic Engineering and Reclamation by A.N. Kostyakov, Moskow, Russia, pp. 385—389.

4. Ly-mar' A.O., Lysohorov S.D and other (1987), Spravochnyk po prohnozyrovanyiu y prohrammyrovanyiu urozhaev na iuhe Ukrainy [Reference book on prognostication and programming of harvests on the south of Ukraine], Maiak, Odessa, Ukraine.

5. Zhovtonoh O.I. (1999), "Planning adaptive ecologically — safe irrigation", Visnyk ahrarnoi nauky, no. 12., pp. 62.

6. Honcharov S.M., Korobchenko S.M. and other (1988), Sel'skokhoziazstvennye melyoratsyy [Agricultural reclamation], Vyscha shkola, L'vov, Ukraine.

7. Kharchenko O.V. (2003), Osnovy prohramuvannia vrozhaiv sil's'kohospodars'kykh kul'tur [Basic programming of agricultural cultures harvests: study guide], 2nd ed, Univer-sytets'ka knyha, Sumy, Ukraine.

8. Pysarenko V.A., Kokovikhin S.V. and Pysarenko P.V. Rekomendatsii z rezhymiv zroshennia sil's'kohospodars'kykh kul'tur v Khersons'kij oblasti [Recommendations the modes irrigation of agricultural cultures in the Kherson area], Ajlant, Kherson, Ukraine.

9. Shtojko D.A. (1965), Normatyvy proektyrovannia oroshennia sel'skokhoziazstvennykh kul'tur y hydromodulia v uslovyiakh yntensyvnoho yspol'zovannia oroshaemykh zemel' [Norms of planning the irrigation of agricultural cultures and duty of water in the conditions at the intensive use irrigable lands], Kolos, Moskow, pp. 171—185.

10. Metodyka planuvannia optymal'nykh ekolo-hichno bezpechnykh rezhymiv zroshennia (1997), [Methodology of optimal planning the modes ecologically — safe irrigation], Institute of Hydraulic Engineering and Reclamation Ukrainian Academy of Agricultural Sciences, Kiev, Ukraine, 43 p.

11. V.A. Pysarenko, S.V. Kokovikhin, L.S. Mishukova and other (2005), Metodychni vказivky po zastosuvanniu rozrakhunkovoho metodu vyznachennia strokiv polyvu sil's'kohospodars'kykh kul'tur za pokaznykamy seredn'odobovoho vyparovuvannia [Guidance on the application of the method for determining the estimated timing irrigation the crops in terms of average daily evaporation], Kolos, Kherson, Ukraine, 16 p.

Стаття надійшла до редакції 16.09.2013 р.