

**НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ  
РЕСУРСООЩАДНИХ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ У  
ЗРОШУВАНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

**Р.А.ВОЖЕГОВА** – доктор с.-г. наук, с.н.с.

**С.В.КОКОВІХІН** – доктор с.-г. наук, с.н.с.

**І.О.КОНАЩУК** – кандидат с.-г. наук

**Л.В.БОЯРКІНА**

Інститут зрошуваного землеробства НААН

**В.Г.НАЙДЬОНОВ** – кандидат с.-г. наук

Асканійська державна сільськогосподарська  
дослідна станція НААН

**А.В. ДРОБІТЬКО** – кандидат с.-г. наук, доцент

Миколаївський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** В умовах наростаючого дефіциту водних та енергетичних ресурсів гостро постають питання підвищення окупності поливної води, добрив та інших агресурсів, а також їх раціонального використання з агрономічної, економічної та екологічної точок зору. На значних площах зрошуваних земель півдня України спостерігається висока ступінь нерівномірності розподілу поливної води по поверхні поля. Причому, на переважній більшості таких земель загальний водозабір у зрошувальну систему істотно нижче водопотреби, що обумовлена структурою посівних площ та сумарним водоспоживанням сільськогосподарських культур, окремі поля сівозмін взагалі не поливаються, а на деяких – зрошувальні норми істотно перевищують екологічно допустимі значення. При використанні добрив і пестицидів сільгоспвиробники використовують загальні рекомендації науково-дослідних установ, що призводить до низької окупності використання цих ресурсів та погіршує екологічну ситуацію в агрофітоценозах [1-3].

**Стан вивчення проблеми.** Низька ефективність зрошуваного землеробства України обумовлена невідповідністю фактичних режимів зрошення і технологій поливів проектним параметрам. Також цим обумовлена низька окупність поливної води на одиницю додаткової продукції. Поливні норми завищують у 1,5-2 рази проти проектних, які складають 2000-2500 м<sup>3</sup>/га, відповідно підвищується кількість вегетаційних поливів [4-5].

**Завдання і методика досліджень.** Завданням наших досліджень було розглянути науково-практичні аспекти впровадження ресурсоощадних інноваційних проектів у зрошуване землеробство півдня України.

Дослідження з цього напрямку проведені з використанням спеціальних методик із застосування інформаційних технологій в сільському господарстві [8, 9].

## Зрошуване землеробство

**Результати досліджень.** У теперішній час невідповідність закупівельних цін на сільськогосподарську продукцію цінам на енергоносії і технічні засоби, різко знижує зацікавленість господарств вкладати кошти у відновлення та модернізацію зрошувальних систем та удосконалення технологій зрошення. Крім того, в умовах наростаючого дефіциту якісної поливної води дієвим заходом підвищення ефективності від іригації є використання більш досконалих методів і технологій зрошення. Під впливом багатьох, економічних, енергетичних та екологічних чинників створення в найближчій перспективі сучасних зрошувальних систем з новітніми способами поливу як в Україні, так і в інших державах не має альтернативи.

Світовий досвід свідчить про те, що для досягнення потенційно можливої продуктивності сільськогосподарських культур, при одночасному зниженні водоспоживання, необхідно використовувати сучасні системи краплинного та спринклерного зрошення, новітню дощувальну техніку, здійснювати лазерне планування поливних ділянок, контролювати показники вологості ґрунту й повітря за допомогою сенсорного моніторингу. Ці технології дозволяють зменшити витрати поливної води на 10-50%, порівняно з поливами по борознах або проведенням поливів морально застарілими та технічно несправними дощувальними машинами. Одночасно, слід підкреслити, що використання перерахованих засобів підвищення ефективності використання водних ресурсів вимагають значних капіталовкладень, для окупності яких необхідно підвищення врожайності не менше, ніж на 20-30%.

З найефективніших водоощадних способів зрошування широко відомі такі, як краплинне, спринклерне, дощування. Проте, в кожному конкретному випадку питання доцільності впровадження капіталомістких способів і засобів удосконалення технологій зрошення повинне розв'язуватися на основі ретельних техніко-економічних розрахунків. На сучасному етапі розвитку зрошуваного землеробства можливі такі організаційні форми впровадження сучасної водоощадної поливної техніки:

- створення демонстраційних дослідно-виробничих ділянок в Інституті зрошуваного землеробства та в дослідних господарствах з відпрацюванням на таких ділянках технологій вирощування сільськогосподарських культур з висвітленням питань економічної ефективності;

- демонстрація на цих ділянках заходів ефективного використання поливної техніки, методів контролю за вологозапасами ґрунту, практичних аспектів призначення норм і строків поливів, навчання фахівців тощо;

- формування пакетів замовлень на наукове обґрунтування та розробку практичних рекомендацій для ефективного використання поливних модулів у конкретних природно-господарських умовах.

На основі відпрацювання рекомендацій на пілот-об'єктах необхідна розробка інструментарію для впровадження ресурсощадних технологій зрошення: на першому етапі – в рамках окремих базових господарств; на

другому – в рамках певних зрошувальних систем. Такий підхід дозволить агровиробникам відчутти реальний ефект від можливої економії поливної води й підвищення загальної продуктивності зрошення.

Можливий об'єм використання досконалих способів поливу обмежується в теперішній час дефіцитом матеріальних ресурсів. У цих умовах важливим стає вибір пріоритетів. Першочерговими об'єктами застосування ресурсощадних способів і технологій зрошення повинні стати:

- зрошувальні системи з низькою водозабезпеченістю;
- масиви, водоподача на які пов'язана з коштовним водопідйомом;
- зрошувані території зі складним рельєфом поверхні та високими показниками водопроникнення;
- зрошувані території зон формування стоку, оскільки непродуктивне водокористування на цих ділянках згубно впливає на якість зрошувальної води в серединних і кінцевих частинах басейнів і на меліоративний стан розташованих в цих зонах зрошуваних земель.

Під час оперативного управління поливами у виробничих умовах зразки ґрунту відбирають на ділянці поля, яка за схемою руху дощувального агрегату зрошується в перший день чергового поливу. Отже, строк поливу кожної культури визначають за вологістю ґрунту на тій ділянці, з якої починається черговий полив. На початку й наприкінці вегетації вологість ґрунту визначають через кожні 10 см на глибину до 1,0-2,0 м, а пізніше за необхідності та залежно від виду с.-г. культури – на глибину 0,5-0,7-1,0 м. Зниження вологості в активному шарі ґрунту до рівня, близького до критичного, свідчить про потребу в черговому поливі. Цей метод досить надійний, проте у виробничих умовах через значну просторову варіацію потребує відбору й аналізу зразків ґрунту в значній кількості повторень. Крім того, від відбору зразків ґрунту до одержання результатів аналізу минає багато часу. Ці чинники обумовлюють застосування розрахунковим методів динаміки вологозапасів в ґрунті та встановлення сумарного випаровування (евапотранспірації).

В останні роки з'явилася можливість застосування інформаційно-обчислювальних систем управління зрошенням. Вони забезпечують водоощадне споживання поливної води, отримання запрограмованих рівнів урожаю, 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.

З метою проведення планування й оперативного управління режимами зрошення основних сільськогосподарських культур в Інституті зрошуваного землеробства південного регіону у вигляді надбудови до електронного процесора Microsoft Office Excel розроблено програмно-інформаційний комплекс (ПІК) „Іригація” (рис. 1).

## Зрошуване землеробство

Господарство: СТОВ "Дніпро"		Район: Білозерський		Область: Херсонська			
Культура (сорт, гібрид):	Люцерна (сорт Хер 2 року використання) <b>2</b>	Сівозміна, № поля, площа:	24, 42 га	Рік:	2008	Повернутися на Головну сторінку	
Режим зрошення, %НВ:	70-75	Розрахунковий шар, м:	0,7	Рівень ґрунтових вод, м:	понад 3 м	← →	
День місяця	Висхідні (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, %	Примітки
<b>ТРАВЕНЬ</b>							
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	<b>3</b>	1140,2	77,2	
4	1140,2	36,7	7,0		1110,6	75,2	<b>5</b>
5	1110,6	37,1			1073,5	72,7	
6	1073,5	37,5		450,0	1496,0	100,7	Перший полив
7	1496,0	37,9	8,0	<b>4</b>	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

**Рисунок 1. Активне вікно Програмно-інформаційного комплексу "Іригація"**

Для спрощення його використання у виробничих умовах для розрахунків використано показники, які найбільше впливають на вологообмін і забезпечують достатню точність імітаційного моделювання. До таких показників відносяться висхідні (контрольні) запаси вологи, середньодобове випаровування (евапотранспірація) 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.

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.

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.

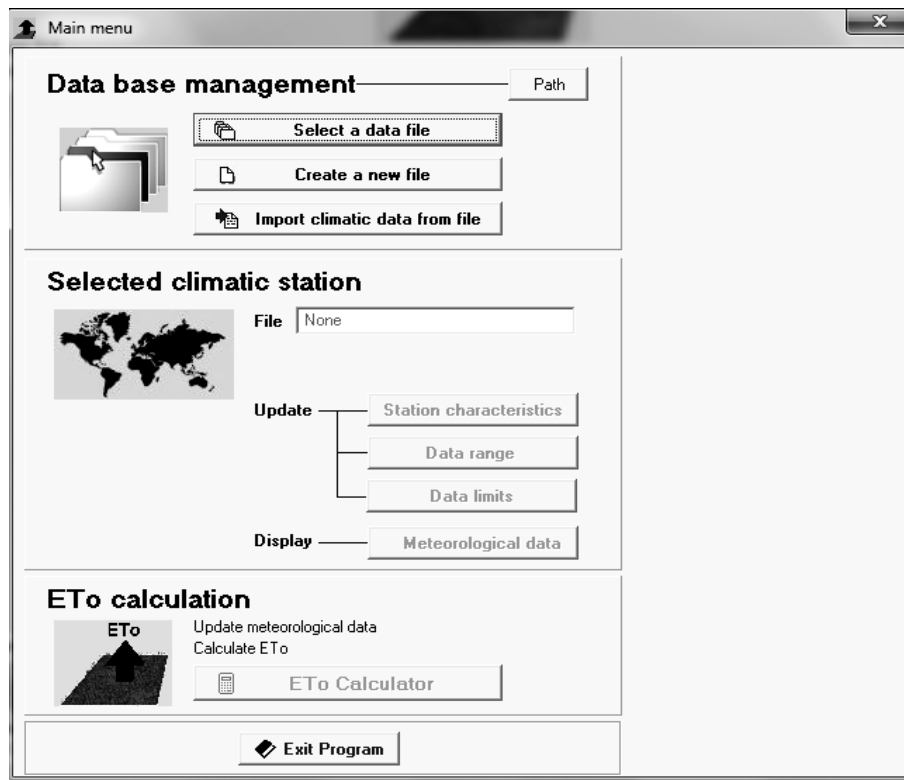
Для забезпечення точності розрахунків слід на початку вегетаційного періоду рослин (або під час відновлення вегетації у багаторічних культур) визначити висхідні запаси вологості ґрунту, які в подальшому приймаються за основу електронних водно-балансових розрахунків. В умовах виробництва їх можна здійснювати 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 цю колонку.

В третій колонці наведені показники сумарного випаровування за періодами, які можна отримати шляхом кореляційно-регресійного моделювання, за методом по календарних датах. В цю колонку можна також заносити фактичні показники добових вологовитрат, які розраховані будь-яким методом, про які наведена довідкова інформація у файлі Допомога).

Для прискорення й полегшення розрахунку евапотранспірації можна використати програму ET calculator, яка створена FAO ООН в січні 2009 р. Програма доступна англійською мовою й розповсюджується Агенцією земельних і водних ресурсів Digital Media [9].

Перед початком використання програми необхідно сформувати файл первинної інформації "Create a new file", який може відображати різні сукупності вхідних даних (рис. 2).



**Рисунок 2. Формування бази вхідних даних програми ET calculator**

Програма може обробляти щоденні, щодакдні та щомісячні метеорологічні дані. Вхідна інформація може 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 FAO, яка узагальнює дослідження багатьох вчених різних країн світу. Мінімальними вхідними даними є максимальна і мінімальна температура повітря, які приймають-

## Зрошуване землеробство

ся 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.

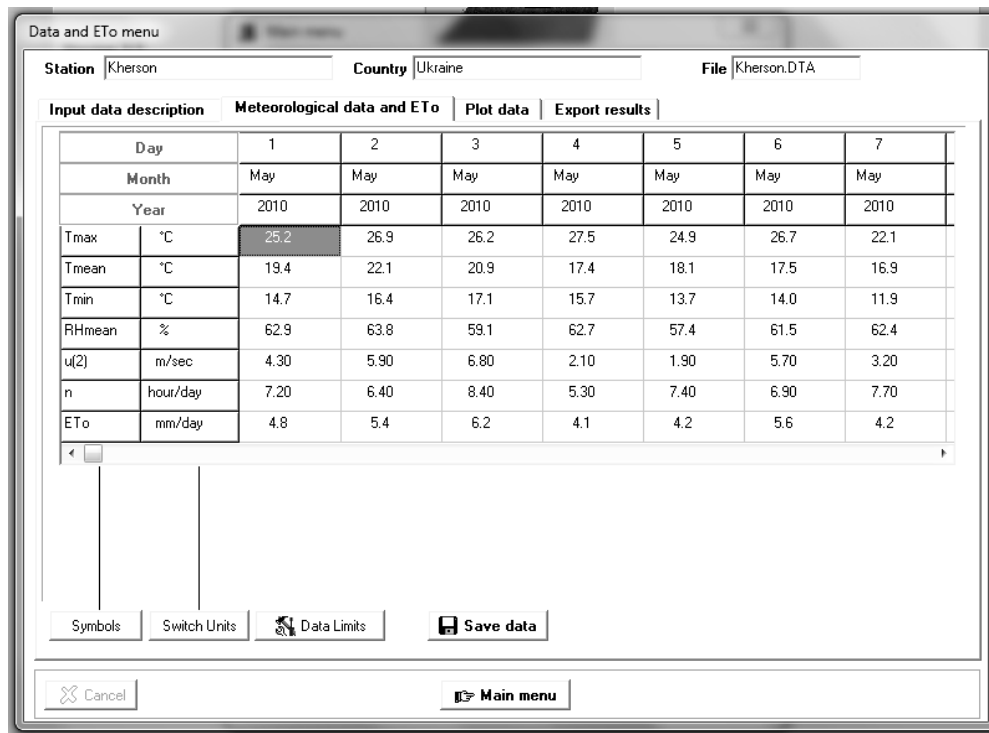
**Рисунок 3. Імпорт вхідних даних до активних вікон**

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.

Одержані дані також можна вносити до спеціального програмного забезпечення Програмно-інформаційного комплексу "Іригація", що розроблений в Інституті землеробства південного регіону НААН України, а також імпортувати у файли баз даних інших спеціальних програм ФАО, наприклад CLIMWAT і FAOCLIM.

Наступний і дуже важливий елемент ПІК "Іригація" – надходження вологи за рахунок атмосферних опадів. Контроль за кількістю опадів, розподіл яких по площі може суттєво різнитися, слід організувати окремо по зрошуваних ділянках за допомогою комп'ютерно-сенсорного моніторингу, автономного електронного устаткування, механічних дощомірів, лізиметрів і, навіть, з використанням найпростіших самороб-

них приладів (збирання опадів в ємкості з відомою площею з подальшим перерахунком надходження води в м<sup>3</sup>/га).



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

У колонці „Поточні запаси вологи” відбувається автономний розрахунок вмісту вологи 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 показнику до значення передбаченого встановленим режимом зрошення (в розглянутому прикладі для люцерни це передполивний поріг 70% НВ, в шарі ґрунту 0,7 м), тобто близькому до 70% НВ (у розглянутому прикладі – 72,7%, на наступний день передбачається проведення поливу з нормою, яка доведе вологозапаси приблизно до 100% НВ. У даному випадку було потрібно проведення поливу нормою 450 м<sup>3</sup>/га, яким запаси вологи були доведені до 100,7% НВ. Таким чином, відбувається планування строків і норм поливів і в подальший період, причому поточні вологозапаси вегетаційного періоду рослин для останнього дня кожного місяця автоматично синхронізуються з першим числом наступного місяця й, відповідно, з подальшими датами.

## **Зрошуване землеробство**

**Висновки та пропозиції.** На сучасному рівні науково-технічного прогресу є можливість використовувати математичне моделювання для оптимізації режимів зрошення сільськогосподарських культур. Розроблений Програмно-інформаційний комплекс „Іригація” забезпечує високу точність розрахунків вмісту запасів вологи в активному шарі ґрунту, відображає динаміку вологозапасів в ґрунті, характеризується простотою у використанні.

Програмне забезпечення ET calculator можна використовувати для оперативного контролю за середньодобовим випаровуванням, коригування строків і норм вегетаційних поливів.

Використання створеного програмного продукту в практичних умовах дозволить формувати оптимальний поливний режим, заощадити поливну воду, енергоносії, технічні засоби, трудові ресурси, сприятиме підвищенню врожаю та покращенню його якості, зростанню економічної ефективності та екологічної безпеки землеробства на зрошуваних землях півдня України.

**Перспектива подальших досліджень.** На найближчу перспективу необхідно вирішити актуальні питання інноваційного напрямку зі створення ресурсоощадних технологій зрошення, модернізації дощувальної техніки, капітального ремонту, відновлення й переоснащення устаткування на діючих зрошувальних системах. Слід розробити дієві заходи щодо заохочення агровиробників вкладати кошти в реконструкцію енергоємних дощувальних систем та впроваджувати ресурсоощадні технології зрошення.

Також треба провести комплекс науково-дослідних робіт із встановлення ефективності використання спринклерного зрошення на дрібноконтурних ділянках, систем імпульсно-краплинного зрошення у відкритому ґрунті при вирощуванні овочів, садів і виноградників, промислових та індивідуальних теплицях, розробки водоощадних екологічно безпечних технологій управління зрошенням тощо.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Костяков А.Н. Основы мелиораций. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 662 с.
2. 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.
3. Методичні рекомендації з оперативного планування режимів зрошення / Жовтоног О.І., Ковальчук П.І., Писаренко В.А. та ін. – К.: ІВЦ Держкомстату України, 2004. – 50 с.
4. Орошаемое земледелие / Остапов В.И., Андрусенко И.И., Писаренко В.А. и др. – К.: Урожай, 1987. – 187 с.
5. Остапчик В.П., Костромин В.А., Коваль А.М. и Ор. Информационно-советующая система управления орошением. – К.: «Урожай». 1989. – 245 с.



6. Писаренко В.А., Коковіхін С.В., Писаренко П.В. Рекомендації з режимів зрошення сільськогосподарських культур в Херсонській області. – Херсон: Айлант, 2005. – 20 с.
7. Харченко О.В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / За рад. академіка УААН В.А. Ушкаренка. – 2-е вид., перероб. і доп.– Суми: Університетська книга, 2003. – 296 с.
8. Ушкаренко В.О., Нікіщенко В.Л, Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: Навчальний посібник. – Херсон: Айлант, 2008. – 272 с.
9. Інтернет-ресурс: <http://www.fao.org/nr/water/ETo.html>.