

УДК 631.675:631.674.6

**УПРАВЛІННЯ КРАПЛИННИМ ПОЛИВОМ НА ОСНОВІ
ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ–МЕТЕОСТАНЦІЙ *iMETOS*®**

А. П. ШАТКОВСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук,

О. В. ЖУРАВЛЬОВ, кандидат сільськогосподарських наук

Інститут водних проблем і меліорації НААН

E-mail: andriy-1804@ukr.net

***Анотація.** В роботі розглянуто практичні аспекти використання сучасних систем моніторингу вологості ґрунту на основі інтернет-станцій *iMetos*® SM/ECHO/TNS/ECOD2, наведено покроковий алгоритм, специфіку та особливості роботи датчиків вологості ґрунту *Watermark* і *Echo Probe* (10HS, EC5), рекомендації з інтерпретації отриманих даних. Наведено результати польового досвіду з діагностики поливів за допомогою інтернет-станцій *iMetos*® ECO D2 і тензіометричного методу.*

***Ключові слова:** вологість ґрунту, режим зрошення, станція вологості ґрунту, краплинне зрошення*

Рішення щодо проведення чергового вегетаційного поливу приймають на основі використання того або іншого підходу (методу) призначення термінів поливу. На сьогодні відомо безліч методів призначення термінів вегетаційних поливів, які за характерними ознаками і конструктивними особливостями розділяють на 4 основні групи: за вологістю ґрунту, розрахункові, біологічні (фізіологічні) та візуальні [1]. Найбільш достовірними і точними є методи першої групи, використання яких базується на моніторингу вологості кореневого шару ґрунту. Їх, у свою чергу, підрозділяють на прямі (визначають вміст води в зразку ґрунту) і непрямі (визначають параметри, які знаходяться в тісному взаємозв'язку з вологістю ґрунту – капілярний потенціал, електро- і теплопровідність, електроємність), точкові (вологість визначають в окремих репрезентативних точках (пробах) і площинні (вологість визначають одночасно з певної площі). Всього відомо понад 70 способів визначення вологості ґрунту. Одним із недоліків методів першої групи є трудомісткість виконання робіт, що,

у більшості випадків, утруднює їх використання в сільськогосподарському виробництві[1, 2].

Цей недолік практично усунуто шляхом використання нових технічних засобів. Більшість сучасних методів визначення вологості ґрунту відносяться до групи непрямих методів, підгрупи «точкові виміри шляхом закладання датчиків (сенсорів) у репрезентативних точках» і базуються на визначенні параметрів, які знаходяться в тісному кореляційному зв'язку із вологістю ґрунту (діелектричній проникності ґрунту, інтенсивності поляризації введених в ґрунт електродів та ін.). Серед найбільш відомих можна назвати такі технічні пристрої: Diniver-2000 і EnviroSCAN («Sentek», Австралія), SM200-UM-1.1 (Великобританія), CropSense (США), ECHO2 (Австрія) та ін.

Мета досліджень – розробити рекомендації з інтерпретації даних використання систем моніторингу вологості ґрунту на основі інтернет-станцій Metos®, встановити особливості роботи датчиків вологості ґрунту Watermark і Echo Probe (10 HS, EC 5),

Результати досліджень та їх обговорення. Інститут водних проблем і меліорації НААН має п'ятирічний досвід управління краплинним зрошенням на основі використання інтернет-станцій типу Metos® SM/ECHO/TNS/ECOD2. Ця сучасна система моніторингу вологості ґрунту використовує технологію спостереження за метеопараметрами «fieldclimate» від Pessl Instruments Ltd. Станція вологості ґрунту або метеостанція складаються з основного модуля (бази) з пристроями для запам'ятовування і зчитування. Функціонує система від автономної акумуляторної батареї, підзарядка якої здійснюється від сонячних панелей. Сенсори вологості під'єднують до приладу реєстрації за допомогою кабелю RS 485. Передачу даних забезпечує GPRS-модем, що використовує мобільний GPRS-інтернет будь-якого оператора. Дані передаються через заданий інтервал часу на сайт www.fieldclimate.com. Доступ користувачеві до даних, звітів і графіків дає наявність персонального імені і паролю. Ці дані зберігаються на сервері протягом трьох років, для зручності їх можна зберегти

в EXCEL-форматі. Основний модуль (базу), як правило, комплектують двома типами датчиків: Watermark (200 SS) і Echo Probe (10HS, EC5) (рис. 1) [3, 4].

Датчик Watermark призначено для визначення капілярного потенціалу ґрунтової вологи ($-K_n$) (SoilWaterTension), який характеризує водоутримувальні сили ґрунту і обумовлює доступність вологи для рослин [5, 6].

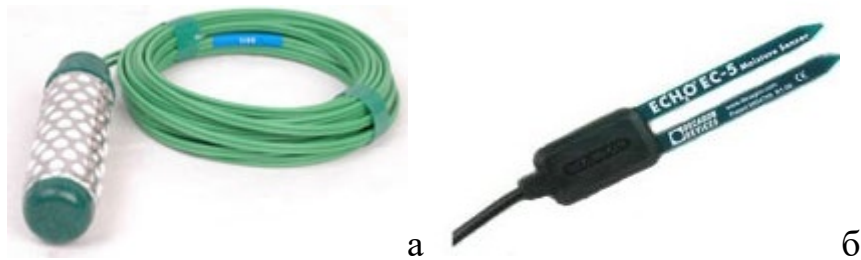


Рис. 1. Датчики вологості ґрунту Watermark (а) і Echo Probe (б)

Датчик EchoProbe визначає об'ємну вологість (Soil Water Content) ґрунту та працює за принципом рефлектметрії частотної області («Frequency Domain Reflectometry») (FDR). Цей сенсор усереднює об'ємний вміст вологи в зоні його дії (до 2 см) з точністю вимірювання $\pm 2\%$. Вимірювання проводяться на основі діелектричної провідності ґрунтового середовища з частотою 70 МГц.

Таким чином, констатуємо, що коректне використання описаних сенсорів вимагає попереднього калібрування (тарування) або, точніше сказати, побудови функціональної залежності.

Як правило, під час побудови цієї залежності на осі ординат відкладають капілярний потенціал ґрунтової вологи, а на осі абсцис – вологість. Хоча, виходячи з фізичної суті процесу, слід було б робити навпаки, адже причиною зміни вологості є капілярний потенціал. Саме капілярний потенціал є незалежною величиною, а вологість ґрунту – залежною [7].

Для встановлення функціональної залежності на невеликій відстані від встановлених датчиків відбирають зразки ґрунту на глибині установки сенсорів. Термостатно-ваговим методом визначають вологість цих зразків ґрунту. На сайті фіксують показники відповідного датчика на момент відбирання зразків і за цими даними будують функціональні залежності.

Для датчика Watermark – це логарифмічна залежність вологості легкосуглинкового ґрунту (у % від найменшої вологомісткості (НВ) від капілярного потенціалу (тут і далі за текстом – в абсолютних значеннях кПа) (рис. 2).

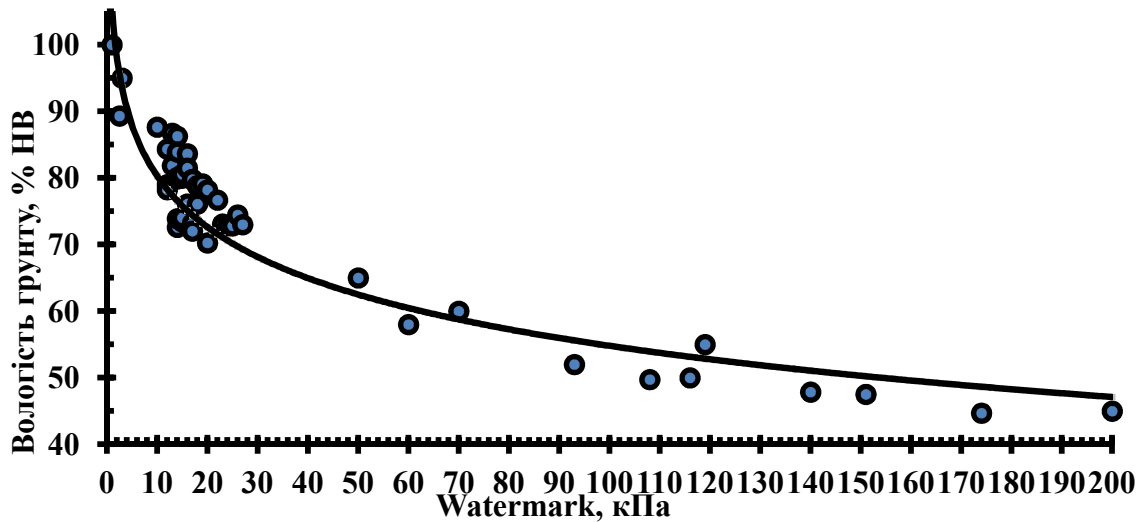


Рис. 2. Залежність капілярного потенціалу від НВ легкосуглинкового ґрунту

$$Y = -11,09 \ln(x) + 105,85, \% \text{ НВ}; R^2 = 0,91, (1)$$

де: Y – вологість ґрунту, % від НВ;

x – абсолютні показники датчика Watermark, кПа.

Для датчика EchoProbe – це експоненціальна залежність вологості у % від НВ від вмісту води у % (рис. 3).

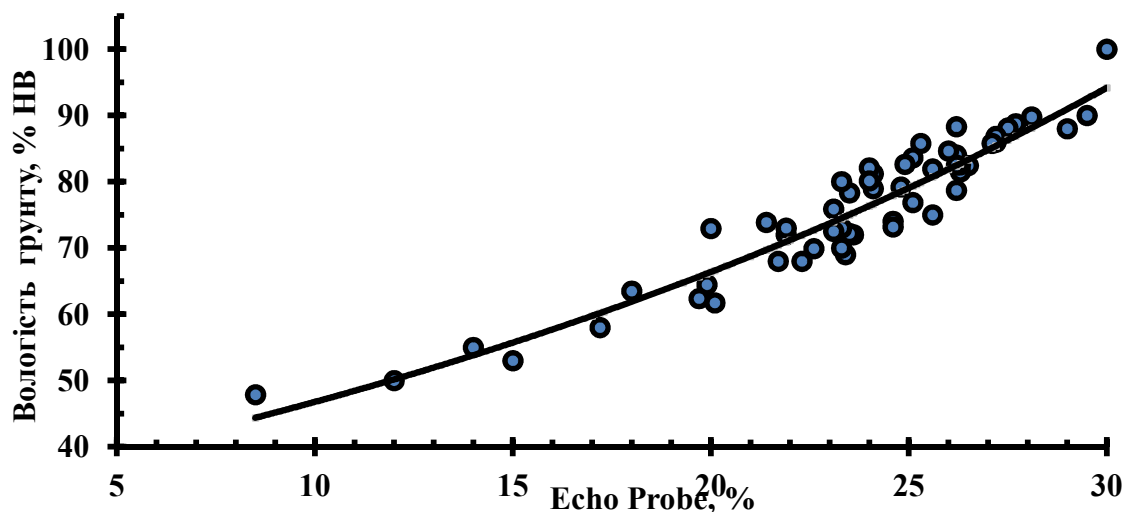


Рис. 3. Залежність об'ємного вмісту води, % від вологості ґрунту, % НВ

$$Y = 32,95 e^{0,035x}, \% \text{ НВ}; R^2 = 0,92, (2)$$

де: Y – вологість ґрунту, % від НВ;

x – покази датчика Echo Probe, %.

Для контролю вологості ґрунту використовували інтернет-станцію iMetos®ECO D2, до якої було підключено 8 датчиків Watermark 200 SS і 8 датчиків – Echo Probe (EC-5). Для відмінності датчиків між собою в налаштуваннях станції кожному з них було присвоєно власне ім'я. Наприклад, Echo I-75 см – це датчик Echo Probe, розташований у I створі на глибині 75 см, Water I-30 см – датчик Watermark, який розташований у I створі на глибині 30 см. Покази датчиків відображаються як у графічному, так і в табличному вигляді. Дані можна відображати як погодинно, так і щодобово.

Дані за вибраний проміжок часу можливо експортувати в EXCEL-формат (табл. 1), за допомогою якого значно спрощуємо перерахунок показників. Оскільки тарування робили у % від НВ, то всі розрахунки також необхідно проводити для цього показника.

1. Частина даних експортованих в Microsoft Excel (приклад)

Date	Echo I – 75 cm [%]	Echo I – 90 cm [%]	Water I - 15 cm [kPa]	Water I - 30 cm [kPa]	Echo II – 75 cm [%]	Echo III - 15 cm [%]	Water I - 45 cm [kPa]
01 травня	27,6	24,9	1	1	22,4	20,2	0
02 травня	27,3	25,7	6	9	23,6	20,6	3
03 травня	27,0	26,0	11	12	23,8	20,8	11
04 травня	26,8	26,0	7	11	23,8	20,7	11
05 травня	27,7	26,2	2	6	24,2	20,6	9
06 травня	27,6	26,4	2	9	24,4	21,4	3
07 травня	27,3	26,4	10	11	24,4	21,6	8
08 травня	27,0	26,4	12	12	24,3	21,7	12
09 травня	26,8	26,3	14	13	24,2	21,7	14
10 травня	26,6	26,3	15	14	24,1	21,5	15

На цьому етапі дані відображаються в тому порядку, в якому вони встановлені на станції, що не завжди зручно для аналізування, тому їх необхідно згрупувати за створами і глибиною (табл. 2). Після групування за допомогою формул 1 (Watermark) і 2 (Echo Probe) перераховуємо показники датчиків у % від НВ.

Після перерахунку отримуємо вологість ґрунту у % від НВ, що дає широкі можливості для аналізування (рис. 4) і призначення чергового вегетаційного поливу за зниження вологості до заданого передполивного рівня.

2. Згруповані і перераховані показники датчиків вологості ґрунту

Date	Water I - 15	Water I - 30	Water I - 45	Water I - 60	Echo I - 75	Water I - 15	Water I - 30	Water I - 45	Water I - 60	Echo I - 75
	kPa	kPa	kPa	kPa	%					
01 травня	1	1	0	0	27,6	105,9	105,9	105,0	105,0	86,6
02 травня	6	9	3	5	27,3	86,0	81,5	93,7	88,0	85,7
03 травня	11	12	11	11	27,0	79,3	78,3	79,3	79,3	84,8
04 травня	7	11	11	11	26,8	84,3	79,3	79,3	79,3	84,2
05 травня	2	6	9	0	27,7	98,2	86,0	81,5	105,0	86,9
06 травня	2	9	3	0	27,6	98,2	81,5	93,7	105,0	86,6
07 травня	10	11	8	2	27,3	80,3	79,3	82,8	98,2	85,7
08 травня	12	12	12	9	27,0	78,3	78,3	78,3	81,5	84,8
09 травня	14	13	14	12	26,8	76,6	77,4	76,6	78,3	84,2
10 травня	15	14	15	12	26,6	75,8	76,6	75,8	78,3	83,6

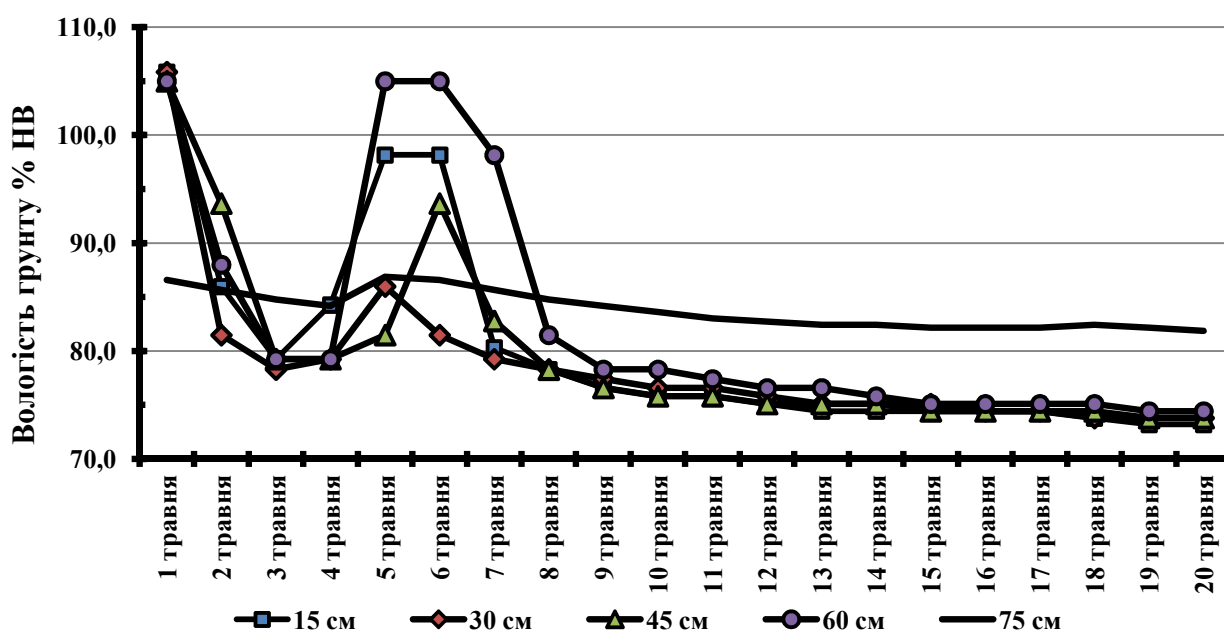


Рис. 4. Динаміка вологості ґрунту зашарами у I створі датчиків(під краплинною стрічкою)

Додаткові можливості користувачів в управлінні поливом відкриваються за використання додатку (підпрограми) «IRRIMET» для метеостанцій типу iMetos®SM/TNS. В цьому розділі можливо автоматично розраховувати водний

баланс, враховуючи еталонну евапотранспірацію E_{t0} , евапотранспірацію культури E_{tc} , продуктивні опади та ін.

В 2014 році на дослідному полігоні краплинного зрошення просапних культур на землях ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН (підзона Степу Сухого, Херсонська область) нами було проведено порівняльний експеримент на культурі кукурудзи. Схемою досліду було передбачено проведення вегетаційних поливів за допомогою сенсорів Watermark та Echo Probe, а в іншому варіанті – за допомогою тензіометрів з водно-ртутними манометрами (еталон). На кожному з варіантів було вставлено по 16 датчиків. Передполивна вологість ґрунту – 85 % від НВ упродовж всієї вегетації культури, ґрунт ділянки – каштановий легкосуглинковий. Контрольний варіант – без зрошення.

Результати досліду показали, що істотних відмінностей в режимі зрошення, сумарному водоспоживанні рослин і, як наслідок, урожайності сухого зерна не вставлено (табл. 3).

3. Режим краплинного зрошення, водоспоживання і врожайність зерна кукурудзи залежно від методу призначення термінів поливу

Варіанти досліду	Продуктивні опади, м ³ /га	Кількість поливів	Зрошувальна норма, м ³ /га	Вологозапаси ґрунту, м ³ /га		Витрати ґрунт. вологи, м ³ /га	Сумарне водоспоживання м ³ /га	Коефіцієнт водоспоживання м ³ /тонну зерна	Урожайність, т/га (за 14 % вологості)
				поч. вегетації	кін. вегетації				
Інтернет-станція iMetos	1456	38	5700	1420	1207	213	7369	421,1	17,52
Тензіометричний метод		37	5550	1410	1163	247	7253	418,3	17,34
Контроль (без зрошення)		–	–	1430	790	640	2096	1103,2	1,95
<i>НІР_{0,5 м/га}</i>				–			127,9	–	0,62

Це свідчить про правильність розробленої методики побудови функціональних залежностей (тарування) сенсорів вологості, достовірність і точність їх роботи за умови правильної експлуатації.

Висновки

1. Сучасні системи моніторингу вологості ґрунту на основі інтернет-станцій типу iMetos®SM/ECHO/TNS/ECOD2 забезпечують високу

оперативність, точність і достовірність при управлінні режимом краплинного зрошення.

2. Для коректної інтерпретації показників датчиків вологості необхідно встановлювати функціональні залежності для кожного типу ґрунту:

- для датчика Watermark встановлено залежність капілярного потенціалу (кПа) від вологості ґрунту у % від НВ, яка описується рівнянням:

$U = -11,09 \ln(x) + 105,85, \% \text{ НВ}; R^2 = 0,91$ (де, U – вологість ґрунту, % від НВ, x – показники датчика Watermark, кПа);

- для датчика Echo Probe встановлено залежність вологості ґрунту (% НВ) від умісту води (%), яка описується рівнянням:

$U = 32,95 e^{0,035x}, \% \text{ НВ}; R^2 = 0,92$ (де, U – вологість ґрунту, % від НВ, x – показники датчика Echo Probe, %).

3. В результаті проведення польового дослідження з діагностики поливів за допомогою інтернет-станції iMetos®ECOD2 і тензіометричного методу не було встановлено істотних відмінностей в режимі краплинного зрошення, сумарному водоспоживанні рослин та врожайності зернової кукурудзи.

Список використаних джерел

1. Ромащенко М. І. Краплинне зрошення овочевих культур і картоплі в умовах Степу України / М. І. Ромащенко, А. П. Шатковський, С. В. Рябков – Київ: ТОВ «ДІА», 2012. – с. 248.

2. Емельянов В. А. Способы измерения влажности почв при орошении / В. А. Емельянов // Гидротехника и мелиорация. – 1983. – № 2. – С. 56-60.

3. Полегенько А. Метеостанция iMetos® – уникальный инструмент в руках агронома / Полегенько А. // Овощеводство – 2008. – № 2. – С. 60-61.

4. Наумов Р. Н. Сучасні технології в моніторингу вологості ґрунту / Р.Н. Наумов // Агрогляд. – № 2 від 12 грудня 2005. – С. 11-13.

5. Рекомендації з оперативного контролю та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур із застосуванням тензіометричного методу / [М. І. Ромащенко, В. М. Корюненко, М. М. Муромцев]. – К.: ТОВ «ДІА», 2012. – 72 с.

6. Ромащенко М. И. Использование тензиометров для диагностики полива овощных культур на капельном орошении / М. И. Ромащенко, В. Н. Корюненко, А. П. Шатковский // Овощеводство. – 2007. – № 1 (25). – С. 70-73.

7. Шейн Е. В. Курс физики почв / Е. В. Шейн. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

Reference

1. Romashchenko, M. I., Shatkovskiy, A. P., Riabkov, S. V. (2012). Kraplynne zroshennia ovochevykh kultur i kartopli v umovakh Stepu Ukrainy [Drop irrigation of vegetables and potatoes in the conditions of steppe of Ukraine]. Kyiv: TOV «DIA», 48.
2. Yemelyanov, V. A. (1983). Sposoby izmereniya vlazhnosti pochv pri oroshenii [Measuring soil moisture with irrigation methods]. Gidrotekhnika i melioratsiya, 2, 56-60.
3. Polegenko, A. (2008). Meteostantsiya iMetos® – unikalnyy instrument v rukakh agronoma [Weather station iMetos® - a unique tool in the hands of an agronomist]. Ovoshchevodstvo, 2, 60-61.
4. Naumov, R. N. Suchasni tekhnolohii v monitorynhu volohosti gruntu [modern technology to monitor soil moisture]. Ahroohliad, 2, 11-13.
5. Romashchenko, M. I., Koriunenka, V. M., Muromtsev, M. M. (2012). Rekomendatsii z operatyvnoho kontroliu ta upravlinnia rezhymom zroshennia silskohospodarskykh kultur iz zastosuvanniam tenziometrychnoho metodu [Recommendations for operational control and management regimes irrigation of crops using the method of tenziometryc]. Kyiv: TOV «DIA», 72.
6. Romashchenko, M. I., Koryunenka, V. N., Shatkovskiy, A. P. (2007). Ispolzovanie tenziometrov dlya diagnostiki poliva ovoshchnykh kultur na kapelnom oroshenii [Using tensiometers to diagnose vegetable crops irrigation drip irrigation]. Ovoshchevodstvo, 1 (25), 70-73.
7. Shein Ye. V. (2005). Kurs fiziki pochv [Physics of soil course]. Moscow: Izd-vo MGU, 432.

УПРАВЛЕНИЕ КАПЕЛЬНЫМ ПОЛИВОМ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРНЕТ-МЕТЕОСТАНЦИИ iMetos®

А. П. Шатковский, А. В. Журавлев

Аннотация. В работе рассмотрены практические аспекты использования современных систем мониторинга влажности почвы на основе интернет-станций iMetos®SM/ECHO/TNS/ECO D2, приведен пошаговый алгоритм, специфика и особенности работы датчиков влажности почвы Watermark и Echo Probe (10 HS, EC 5), рекомендации по интерпретации полученных данных. Приведены результаты полевого опыта по диагностике поливов с помощью интернет-станции iMetos®ECO D2 и тензиометрического метода.

Ключевые слова: влажность почвы, режим орошения, станция влажности почвы, капельное орошение

DRIP IRRIGATION MANAGEMENT ON BASIS OF THE USE OF INTERNET-WEATHER STATIONS iMetos®

A. Shatkovsky, O. Zhuravlev

***Abstract.** In paper disclosed practical aspects of the usage of modern soil moisture monitoring systems on the base of Internet stations, such as, iMetos®SM/ECHO/TNS /ECOD2, shown an incremental algorithm, specificity and behaviors of moisture sensors Watermark and Echo Probe (10 HS, EC 5), recommendations by interpreting the data obtained. Presented the results of the field experiment on diagnostics of watering by means of the internet-station iMetos®ECO D2 and tensiometer method.*

***Key words:** humidity of soil, regime of irrigation, station of humidity of soil, drip irrigation.*