

УДК 631.432:626.86:681.5

Матус С. К., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ І КОНТРОЛЮ ЗА ВОЛОГОЗАПАСАМИ ҐРУНТУ

У роботі запропоновано інформаційно-вимірювальну систему на керованих модулях осушувально-зволожувальних систем для збору, передачі та аналізу технологічних параметрів з використанням стаціонарних тензіометричних вологоміврів. Розроблена методика розрахунку кількості вологоміврів та параметрів їх розміщення на репрезентативній ділянці.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, вологість ґрунту, тензіометричний вологомівр, репрезентативна ділянка.

Підвищення показників якості систем управління вологозабезпеченням сільськогосподарських культур на осушуваних землях можна здійснювати за допомогою постійного контролю вологозапасів кореневого шару ґрунту. Складність вивчення динаміки вологості ґрунту обумовлена тим, що в природі під впливом різних факторів відбувається поєднання мінливості вологості з часом на зміну в просторі, це суттєво впливає на оцінку вологозапасів. Все це ускладнює автоматизацію водорегулювання на осушуваних землях, встановлення та розміщення датчиків вологості ґрунту, що формують сигнали для керування при підґрунтовому зволоженні (їх кількість, точність показів, діапазон допустимих відхилень від рекомендованих значень вологості та ін.).

У складі інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) використовуються різні за конструкцією і принципом дії вологоміври, але їх кількість і розташування на дослідних ділянках детально не обґрунтовано, крім того не передбачена можливість контролю поточних усереднених вологозапасів, що обмежує використання розроблених вимірювальних систем. Потрібно зазначити, що існуючі методики розміщення вологоміврів на репрезентативних ділянках розроблені для умов зрошення [1-3] і не враховують зміну вологості в просторі при різних рівнях ґрунтових вод (РГВ) на осушуваних землях.

Існують різні *методи та способи* визначення вологозапасів ґрунту.

Одним із точних вважається підхід, коли необхідну інформацію отримують у результаті систематичного контролю в часі за фактичними вологозапасами ґрунтів (*інструментальні методи*).

Інший – ґрунтується на отриманні необхідної інформації у результаті розрахункового прогнозування зміни влагозапасів відносно вихід-

них даних про вологість в залежності від погодних умов, або розрахункового прогнозування у поєднанні з прямим контролем вологозапасів (*розрахункові методи*).

Крім того, існують підходи визначення вологозапасів ґрунту, які ґрунтуються на діагностуванні та контролюванні фізіологічного стану рослин, фіксуючи динаміку (швидкість) їх росту вегетативних і репродуктивних органів (*біологічні методи*) та слідкуванні за зміною забарвлення рослин (*візуальні або органолептичні методи*) [14].

Інструментальні методи вимірювання вологості ґрунту поділяють на прямі, непрямі та дистанційні (безконтактні) [1, 4-8].

Прямі – які безпосередньо направлені на пряме визначення вмісту вологи в ґрунті. До них відносять термостатно-ваговий і хімічний метод. Термостатно-ваговий (або буровий, або ваговий) метод визначення вологості ґрунту прийнято вважати еталонним; він може застосовуватись в дуже широкому діапазоні вологості ґрунту, за виключенням величин, близьких до повної вологоємності, коли він дає іноді помилкові результати внаслідок вижимання буром вологи із зразків ґрунту [9-11].

Непрямі – базуються на визначенні параметрів, які знаходяться в тісному кореляційному зв'язку з вологістю ґрунту (електро- і теплопровідність, капілярний потенціал, електрична ємність та ін.) і поділяються на неелектричні і електричні [10, 11].

Дистанційні (безконтактні) – можна поділити на три групи: а) методи, що ґрунтуються на вимірюванні за допомогою радіометрів пасивного радіотеплового випромінювання Землі у тих же частотних діапазонах, що і радари – 2...30 см; б) методи, що ґрунтуються на радіометрії активного випромінювання в межах ультракоротких хвиль; в) метод літакової гамма – зйомки. На точність вимірювання вологозапасів дистанційними методами суттєвий вплив чинить рослинність, шорсткість ґрунту і температура її поверхні. Крім того недостатній шар ґрунту, в якому вимірюється вологість ґрунту, обмежує використання даних методів [12].

В свою чергу, *способи вимірювання* вологості ґрунту професор Ємельянов В.О. [1] підрозділив на точкові і площинні. *Точкові* – вологість ґрунту визначають в окремих репрезентативних точках (пробах). *Площинні* – вологість ґрунту визначають одночасно з певної площі (звичай від 100 га до 500 га).

Сьогодні інструментальні методи спостереження за вологістю ґрунту, які проводять агро-гідро-метеослужби протягом багатьох років є найбільш повними і надійними даними. Дуже часто інформація про ґрунтові вологозапаси використовується при розробці розрахункових методик їх визначення [15-17].

До *розрахункових методів* відносяться методи, які пов'язують над-

ходження вологи у кореневмісний шар ґрунту з метеорологічними факторами, евапотраспірацією, продуктивністю рослин, індексами зволоження, а також за рівнянням водного балансу [8, 9] та ін.

Більшість сучасних методів визначення вологості ґрунту належить до групи непрямих методів, спосіб – точкові вимірювання шляхом закладання датчиків на репрезентативних ділянках і базуються на визначенні параметрів, які знаходяться в тісному кореляційному зв'язку з вологістю ґрунту. Серед найвідоміших можна назвати такі технічні пристрої: SM200-UM-1.1 (Великобританія), CropSense (США), iMetos ECO (Німеччина) ін. [13, 14]. Це електронні пристрої, які встановлюють у ґрунтовий профіль та проводять регулярні (із заданою періодичністю) зчитування показників вологості ґрунту і їхнє нагромадження в пам'яті приладу. Зібрана інформація накопичується і передається на спеціалізований сервер за допомогою GPRS модему.

Сьогодні в Україні набувають поширення мобільні Інтернет - метеостанції, які додатково можуть оснащуватись сенсорами вологості ґрунту типу Watermark або Echo Probe [13]. Сенсори дають можливість оперативно контролювати вологість ґрунту у зоні зволоження.

З неелектричних методів найчастіше використовують найбільш простий, доступний і достовірний метод – *тензіометричний*, який заснований на залежності всмоктуючої сили ґрунту від її вологості і реалізується за допомогою тензіометричного вологоміра. Принцип дії вологоміра [2, 3] ґрунтується на властивості ненасиченого вологою ґрунту всмоктувати воду. Всмоктуюча сила ґрунту, яка виникає при цьому, відповідає певному ступеню вологості ґрунту і фіксується індикатором тиску. Вимірюють цю силу за допомогою пористого керамічного бактеріального фільтра, заповненого водою і герметично закритого зверху. Фільтр встановлюють у ґрунт на глибині визначення вологості. По мірі висихання ґрунту вологість його зменшуються, а відліки зростають. Діапазон фіксації давачем розрідження, яке створюється в тензіометрі – від 0 до 9 м вод. ст. (-100 кПа). Більшого розрідження прилад практично не фіксує, оскільки керамічний фільтр його стає повітряпроникним. Тензіометричні вологоміри вимірюють капілярний потенціал ґрунтової вологи. За показом індикатора визначають всмоктуючий тиск, а при відповідному градуванні і вологовміст ґрунту, тобто отримують залежність вологості від всмоктуючого тиску $U = f(P)$. У системах автоматичного контролю використовують тензіометри, у яких замість мікрометричного індикатора переміщення встановлений електроконтактний вакуумметр, що дозволяє одержати сигнали при досягненні встановлених максимального і мінімального значень вологості. Для одержання аналогового сигналу застосовують тензіометри з ємнісними чи індуктивними перетворювачами. У цьому випадку мембрана діє на переміщення обкладки ємнісного перетворювача або на

якір індуктивного [2, 3, 10, 11].



Рис. 1. Загальний вигляд тензіометричного вологоміра

- 1 – керамічний фільтр;
- 2 – водна камера;
- 3 – електронний давач розрідження;
- 4 – концентратор даних

В тензіометричних вологомірах (рис. 1), в якості первинного перетворювача, для вимірювання розрідження використовуються електронні датчики [16, 19, 20]. Аналоговий сигнал з цього датчика перетворюється у цифрову форму за допомогою аналогово-цифрового перетворювача і обробляється мікроконтролером.

Тензіометри прості за конструкцією і надійні в експлуатації. Але вони мають такі недоліки – необхідність постійної перезавантажки водою і необхідність постійного перерахунку тиску на вологість ґрунту.

Дослідженнями Інституту водних проблем і меліорації НААН України (ІВПіМ) [18] і ряду інших науковців [2, 3, 10, 16, 17] встановлено, що використання тензіометрів для контролю вологості кореневого шару ґрунту забезпечує необхідну точність і оперативність порівняно з іншими методами.

Відповідно, інформаційно-вимірну систему можна реалізувати на основі стаціонарних закладних тензіометричних

вологомірів, що розміщуються певним чином на репрезентативній ділянці керованого модуля на осушувально-зволожувальній системі (ОЗС).

Кількість вологомірів та параметри їх розміщення на репрезентативній ділянці керованого модуля визначаються за методикою, яка спирається на відомі статистичні методи [21] і враховує нерівномірність формування вологозапасів по площі та профілю ґрунту при різних РГВ.

Дане питання вирішувалось на прикладі системи двостороннього регулювання Сарненської науково-дослідної станції впродовж 2009-2010 рр. (період спостережень IV-IX місяці), як об'єкти досліджень розглянуті дослідні ділянки загальною площею 26 га. Умови об'єкта є репрезентативними щодо виду та складу торфових ґрунтів, вирощуваних культур, рельєфних умов, що дало змогу отримати результати, придатні до використання на осушуваних землях Полісся, де частка торфових ґрунтів становить більше 30%.

Зокрема, вибір репрезентативної ділянки здійснюється на основі аналізу кореляційного зв'язку динаміки вологозапасів по всій площі

модуля й його окремих ділянок у відповідності з побудовою гістограми відміток висот поверхні, рис. 2. Гістограми виражають кількісно-якісні зміни станів меліоративних земель, тобто відповідну динаміку гідрологічного стану території.

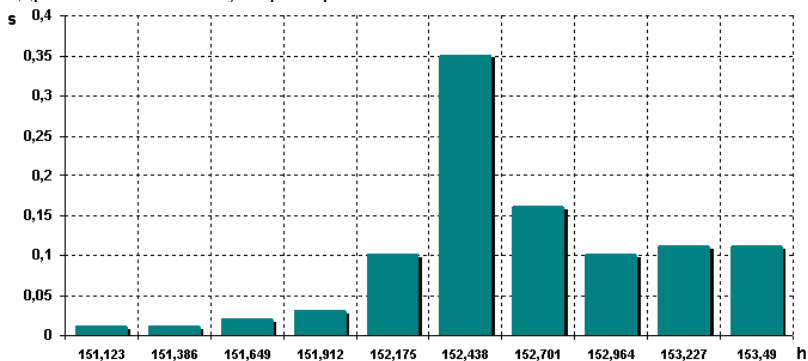


Рис. 2. Гістограма визначення відміток висот по площі модуля

h – відмітки висот, м; s – щільність розподілу; цифри по розрядах – порядкові номери ділянок, що досліджуються

При зволоженні, коли вологість кореневмісного шару визначається рівнем ґрунтових вод, ідентифікацію репрезентативної ділянки доцільно здійснювати за просторовим розподілом глибини зони аерації при умові близького до стаціонарного залягання РГВ на глибині закладання дренажу або нижче. Для побудови гістограми абсолютних відміток модуль розбивається на 100 рівних площадок, для кожної із яких визначається середня відмітка поверхні. Відповідно, отримані дані можна розглядати як статистичну сукупність і представляти у вигляді гістограми (рис. 2).

Аналіз гістограми показав, що дослідження полів вологості потрібно проводити на ділянках, відмітки висот яких відповідають 6...10 розрядам. В результаті, площа, яку контролюємо займає біля 92% загальної площі керованого модуля.

Для вивчення кореляційних зв'язків між вологістю окремих шарів ґрунту і середньою вологістю кореневмісного шару необхідно виміряти вологість в різних шарах при різних рівнях ґрунтових вод. Тому 26 травня 2009 року при низькому РГВ=0,9 м і 20 червня 2009 року при високому РГВ=0,45 м, пошарово (через 0,1 м) вимірювали вологість до глибини 0,8 м на двох ділянках, середні відмітки висот яких відповідають 6 і 7 розрядам гістограми.

Із умови однакового впливу дренажної мережі всі точки відбору були розміщені на чверті міждренної відстані від дрени. За даними вимірювань розраховувались коефіцієнти кореляції r між вологістю ко-

жного 10-ти сантиметрового шару і середньою вологістю активного шару. Коефіцієнти кореляції визначали для 0,1 м; 0,2 м; 0,3 м; 0,4 м; 0,6 м; 0,8 м. Результати дослідження представлені на рис. 3 і рис. 4.

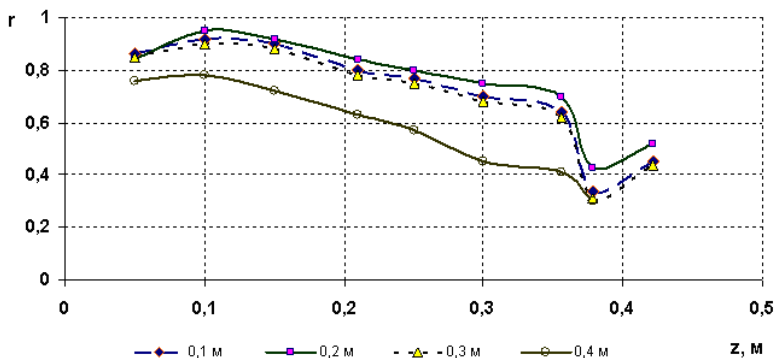


Рис. 3. Залежності коефіцієнта кореляції r між вологістю активного і десятисантиметрових шарів ґрунту від глибини z при 0,1 м, 0,2 м, 0,3 м, 0,4 м за даними дослідження від 26.05.2009 р.

Отримані залежності зміни коефіцієнта кореляції r від глибини z є немонотонними функціями, це пояснюється неоднорідністю воднофізичних властивостей ґрунту по глибині. Із отриманих кривих видно, що коефіцієнти кореляції для горизонтів 0,1 м, 0,2 м, 0,3 м, 0,4 м достатньо високі, це вказує на репрезентативність цих горизонтів для оцінки вологозапасів по профілю ґрунту.

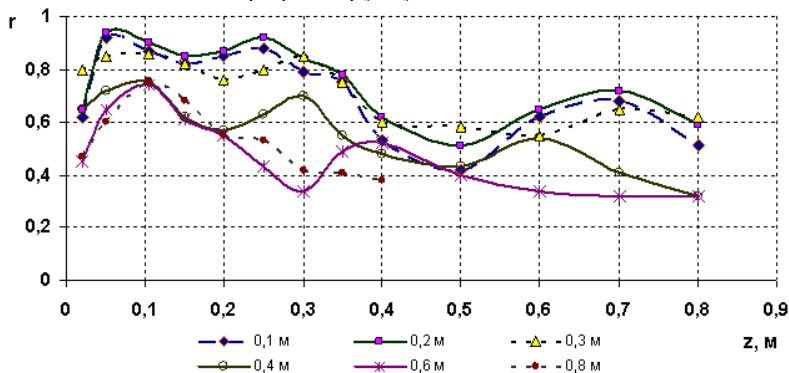


Рис. 4. Залежності коефіцієнта кореляції r між вологістю активного і десятисантиметрових шарів ґрунту від глибини z при 0,1 м, 0,2 м; 0,3; 0,4 м; 0,6 м і 0,8 м за даними дослідження від 20.06.2009 р.

Із аналізу статистичних характеристик ненасиченої зони витікає,

що при збільшенні глибини зменшуються впливи сумарного випаровування на вологість, в зв'язку з чим необхідно проводити вимірювання з більш високою точністю. При збільшенні сумарного випаровування з 0,002 м/добу до 0,005 м/добу при РГВ=0,8 м вологість в шарі 0,20 м зменшується на 2...3%, що відповідає точності вимірювання, тоді як в шарі 0,10 м вологість зменшується на 10%. Це пов'язано з тим, що в шарі 0...0,1 м спостерігається максимум водовідбору корінням трав на транспірацію.

Таким чином, виходячи із кореляційного зв'язку оцінку вологозапасів кореневого шару найкраще проводити по горизонту 0,10...0,30 м, а виходячи із необхідності формування сигналів для керування при підґрунтового зволоженні – по горизонту 0...0,2 м.

Порівняння статистичних даних розподілу вологості на окремих ділянках і модулі є допустимим при достатній кількості складових у вибірці. Мінімальна кількість вимірювань при заданій гарантійній (довірчій) імовірності P , відомій похибці вимірювань вологості δ і дисперсії σ^2 визначається за формулою [21]:

$$n_n = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\delta^2}, \quad (1)$$

де t – гарантійний (довірчий) коефіцієнт, який визначають з таблиць при заданому значенні P (для нормального закону розподілу значенню $P=0,95$ відповідає $t=1,96$).

При найбільш ймовірному значенні похибки при визначенні вологості тензіометром, що складає 1...1,5%, обсяг вибірок повинен бути не меншим 10.

При розрахунку кількості вологомірів передбачається, що їх розміщують в статистично незалежних точках на репрезентативній ділянці для мінімізації взаємного впливу зміни вологості ґрунту. Для виконання цієї умови необхідно визначати радіус кореляції [21], тобто мінімальний інтервал між точками вимірювань, при якому вимірювання можна рахувати практично незалежними. При наявності вихідної інформації про вологість (потенціал ґрунтової вологи) радіус кореляції визначено з аналізу автокореляційної функції

$$K_\psi(l) = \frac{1}{(n-k) \cdot \sigma^2} \sum_{i=1}^{n-k} \overline{\psi_i} \cdot \overline{\psi_{i+k}}, \quad (2)$$

де k – величина зсуву по довжині лінії відбору зразків між двома перерізами випадкового процесу $\overline{\psi_i}$ і $\overline{\psi_{i+k}}$, величина k приймається не більше $h/4$; h – кількість вимірювань; $\overline{\psi_i} = \psi_{i-m(\psi)}$ – значення потенціалу ґрунтової вологи, м.

Для розрахунку автокореляційної функції 26.05.2009 р. по площі модуля на глибині 0,1 м була визначена вологість в 39 точках. Зразки відбирались на ділянках з однаковими відмітками висот і точки відбору знаходились на лінії паралельної лінії дренажу, тобто посередині між дреною і міждренням при РГВ 0,7 м. Відстань між точками відбору прийнята 0,5 м.

Автокореляційна функція (2) апроксимується виразом:

$$k(l) = e^{-\alpha \cdot l} \cdot \cos \beta \cdot l, \quad (3)$$

де коефіцієнти $\alpha = -1,02$, $\beta = 5,32$.

Для автокореляційної функції радіус кореляції дорівнює:

$$l_k = \int_0^{\infty} [K(l)] dl. \quad (4)$$

Підставивши (3) у вираз (4), отримаємо

$$l_k = \frac{1}{\alpha(1+\mu^2)} \left[1 + \mu \cdot l^{\frac{\pi}{2\mu}} + \frac{\mu}{e^{\frac{2\pi}{\mu}} - 1} \left(e^{\frac{\pi}{2\mu}} + 2 \cdot e^{\frac{\pi}{2\mu}} + e^{\frac{3\pi}{2\mu}} \right) \right], \quad (5)$$

де $\mu = \frac{\alpha}{\beta}$.

Розраховане за формулою (2) значення радіуса кореляції дорівнює 0,4 м. Відповідно, для мінімізації взаємного впливу зміни вологості ґрунту, відбір зразків необхідно проводити в точках, які віддалені на відстань не менше 0,4 м.

Розподіл вологості ґрунту (потенціалу ґрунтової вологи) на модулі наближений до нормального і дисперсія дорівнює 3,91. При гарантійній імовірності $P=0,95$ і коефіцієнті $t=1,96$, точність вимірювання γ термостатно-ваговим методом складає 1...1,5% від об'ємної вологості. Мінімальна кількість вимірювань складає 7...15. Враховуючи, що дисперсія на окремих ділянках може бути вище за розрахункову, відповідно мінімальна кількість вимірювань прийнята 25.

На системі двостороннього регулювання при різних режимах (абсорбції-сорбції) спостерігається нерівномірність розподілу вологи, яка викликана впливом дренажної мережі. Необхідність формування сигналів керування в динамічних режимах визначає розміщення точок контролю від міждрення до дрени. Однак розміщення точок контролю на одній прямій, перпендикулярній лініям дренажу, недоцільно по причині можливих помилок із-за аномалій горизонтального вологопереносу від дрени до міждрення, і тому, їх необхідно розмістити на прямій, що йде від міждрення до дрени під кутом. Практично кут нахилу необ-

хідно прийняти не менш 30°. Крім того, відстань між точками контролю обмежена радіусом кореляції. Крайні до дренажу точки слід розташовувати на відстані не менш 1,5...2,0 м від дрени, для виключення впливу великих напорів в режимах зволоження.

Визначення середньої вологості по площі всього модуля здійснювалось шляхом формування вибірок по кожній ділянці, число серій вибірки приймалось пропорційним площі ділянки і наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Число вимірювань на кожній з ділянок при визначенні середньої вологості модуля

<i>Номер ділянки</i>	5	6	7	8	9	10
Кількість серій	5	15	6	6	5	3
Кількість вимірювань	25	75	30	30	25	15

Крім того на кожній ділянці визначалась окрема вибірка із 25 вимірювань з метою розрахунку статистичних параметрів, що характеризують розподіл вологості на ділянці.

Дисперсія розподілу вологості як на окремих ділянках, так і по площі всього модуля максимальна після підгрунтового зволоження (дані 26.05 і 20.06) і для всього модуля складає 5,49 і 5,81.

За даними визначались коефіцієнти кореляції r між вологістю на окремих ділянках і по площі модуля, а також критерії суттєвості t_r [21] (табл. 2).

Теоретично критерій суттєвості при шести ступенях свободи і рівні значимості 0,05 дорівнює 2,45, що відповідає значимості коефіцієнта кореляції [21].

Таблиця 2
Характеристика кореляційних залежностей між середньою вологістю ділянок і всього модуля

<i>Номер ділянки</i>	5	6	7	8	9
Коефіцієнт кореляції	0,953	0,982	0,871	0,751	0,945
Критерій суттєвості	7,94	12,09	4,36	2,78	7,11

Таким чином, між середньою вологістю по площі ділянок і площею всього модуля в межах діапазону оптимальної вологості існує тісний зв'язок. У відповідності до розробленої методики контроль вологозапасів ґрунту можна здійснювати шляхом осереднення показів тензіометричних вологомірів (до 3...5 штук), які встановлюємо по міждренню в статистично незалежних точках.

1. Емельянов В. А. Способы измерения влажности почв при орошении /

В. А. Емельянов // Гидротехника и мелиорация. – 1983. – М. : Колос. – № 2. – С. 56–60. **2.** Муромцев Н. А. Использование тензиометров в гидрофизике почв / Н. А. Муромцев – Л. : Гидрометеоздат, 1979. – 121 с. **3.** Муромцев Н. А. Мелиоративная гидрофизика почв / Н. А. Муромцев – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 265 с. **4.** Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с. **5.** Вериго С. А. Почвенная влага / С. А. Вериго, Л. А. Разумова – Л. : Гидрометеоздат, 1973. – 328 с. **6.** Воронин А. Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв / А. Д. Воронин – М. : Изд-во МГУ, 1984. – 204 с. **7.** Воронин А. Д. Основы физики почв: учеб. пособие / А. Д. Воронин. – М. : Изд-во Моск. Ун-та, 1986. – 244 с. **8.** Гушля А. В., Мезенцев В. С. Водно-балансовые исследования / А. В. Гушля, В. С. Мезенцев – К. : Выща школа, 1982. – 228 с. **9.** Лундин К. П. Исследование влагопроводности ненасыщенной почвы / К. П. Лундин, В. М. Ганчарик, И. А. Папкевич // Мелиорация переувлажнённых земель. – 1972. – Мн. : Ураджай. Труды. Том XXI. – С. 96–119. **10.** Глобус А. М. Экспериментальная гидрофизика почв / А. М. Глобус – Л. : Гидрометеоздат, 1969. – 355 с. **11.** Баховец Б. А. Основы автоматизации и автоматизация виробничих процесів в гідромеліорації / Б. А. Баховець. – Рівне : УДАВГ. – 1997. – 167 с. **12.** Ковальчук В. П. Оптимізація технологічних параметрів регулювання водного та теплового режимів ґрунтів на основі системного моделювання: дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Ковальчук Володимир Павлович. – К., 2002. – 230 с. **13.** Наумов Р. Н. Сучасні технології в моніторингу вологості ґрунту / Р. Н. Наумов // Агроогляд. – 2005. – № 2 від 12 грудня. – С. 11–13. **14.** Шатковський А. Методи призначення строків вегетаційних поливів при капельному зрошенні / А. Шатковський, А. Чабанов // Водне господарство України: науково-виробничий журнал. – 2012. – Київ : – № 4(100). – С. 18–24. **15.** Пастушенко В. Й. Залежність всмоктуючого тиску від вологості для деяких ґрунтів Поліської зони / В. Й. Пастушенко, С. К. Матус // Вісник РДГУ: Зб. наук. праць. – 2001. – Рівне : Вип. 3 (10) – С. 51–57. **16.** Пастушенко В. Й. Розробка мікропроцесорної системи вимірювання потенціалу ґрунтової вологи / В. Й. Пастушенко, С. К. Матус // Меліорація і водне господарство: Зб. наук. праць. – 2006. – Київ : Аграрна наука. – Вип. № 93-94. – С. 235–242. **17.** Пастушенко В. Й. Технічні засоби дистанційного моніторингу на керування модулях осушувально-зволожувальних систем / В. Й. Пастушенко, С. К. Матус, С. В. Шатний // Вісник інженерної академії України. – 2012. – Київ : – Вип. № 1. – С. 87–91. **18.** Рекомендації з оперативного контролю та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур із застосуванням тензиометричного методу / М. І. Ромашенко, В. М. Корюненко, М. М. Муромцев – К. : ІВПіМ, 2012. – 71 с. **19.** Патент на корисну модель 00073 Україна, 7 G01N 33/24. Тензіометр з автоматичною дозаправкою / В.Й. Пастушенко, С.К. Матус, В.П. Червінко (Україна). – № 8038; 15.07.2005. – Бюл. № 7. **20.** Патент на корисну модель 08687 Україна, G01N 33/24 (2006.01). Тензіометр для експрес-аналізу вологості ґрунту / С. В. Шатний, С. К. Матус (Україна). – № 66701; 10.01.2012. – Бюл. № 1. **21.** Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Рецензент: д.т.н, професор Древецький В. В. (НУВГП)

Matus S. K., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use,
Rivne)

INFORMATION-MEASURING SYSTEM OF DATA ACQUISITION AND CONTROL OF SOIL MOISTURE RESERVES

Proposed information-measuring system of data acquisition and control using tensiometer moisture meters and developed method of determining the amount of moisture meters and their placement on the representative section of controlled module.

Keywords: information-measuring system, soil moisture, tensiometer moisture meter, representative area.

Матус С. К., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАНЫХ И КОНТРОЛЯ ЗА ВЛАГОЗАПАСАМИ ПОЧВЫ

В работе предложена информационно-измерительная система на управляемых модулях осушительно-увлажнительных систем для сбора, передачи и анализа технологических параметров с использованием стационарных тензиометрических влагомеров. Разработана методика расчета количества влагомеров и параметров их размещения на репрезентативном участке.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, влажность почвы, тензиометрический влагомер, репрезентативный участок.
