

А.Е. КАСЬЯНОВ, Д.Д. КОБОЗЕВ, ИСМАИЛ ХЕБА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

ГРАДИЕНТНЫЙ ВЛАГОМЕР ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Предложенная конструкция градиентного влагомера влажности почвы, включающая в себя датчики влажности, размещенные вдоль горизонтов почвенного профиля, фиксирует влажность в отдельных слоях почвы. Проведены его испытания в полевых условиях. Влагомер включает в себя корпус, контактный блок, подводящие кабели, аккумулятор, цифровой вольтметр, емкостные датчики влажности. Контактный блок находится в горловине корпуса, кабели – внутри корпуса, емкостные датчики размещаются горизонтально по слоям почвенного профиля. Аккумулятор и цифровой вольтметр подсоединяют к контактному блоку и размещают на поверхности почвы. Прибор устанавливают вертикально в угловой части почвенного разреза. Датчики влажности заделывают в боковые стенки разреза. Корпус прибора и все соединения кабелей с корпусом герметизируют. Во время испытания в полевых условиях вокруг прибора устраивали заливную площадку, насыщали почву до полной влагоемкости и проводили тарировку показателей: влажность почвы – напряжение тока аналоговых выходов. Параллельно измеряли влажность почвы термостатно-весовым методом. В течение двух недель погрешность измерений влажности не изменялась. Подтверждена работоспособность предложенной конструкции влагомера. Установлена стабильность работы влагомера в течение 3-х недель с относительной погрешностью измерений 2...3%. Влагомер устанавливают в почве на весь период вегетации.

Градиентный влагомер, датчик влажности, влажность почвы, зона аэрации, поток влаги, аккумулятор, цифровой вольтметр, градиент влажности, профиль почвы, методы измерения.

Введение. Градиентные измерения влажности по отдельным слоям почвенного профиля являются базовой методикой исследования параметров мелиоративного режима почв. Особую актуальность они приобрели в связи с необходимостью в оценке достоверности расчетов параметров потоков влаги в зоне аэрации с использованием математических моделей. Современные математические модели базируются на численном решении дифференциального уравнения Л.А. Ричардса и его модификациях [1]:

$$dw / dt = d[k(w)(d\psi / dz + 1)] / dz,$$

где w – объемная влажность почвы; t – время; z – координата вертикальной оси; $k(w)$ – коэффициент влагопроводности; ψ – высота всасывающего давления.

Для численного решения уравнения Ричардса почвенный профиль разбивают по вертикали на элементарные слои Δz_i , рассчитывают последовательно балансы каждого слоя в отдельные интервалы времени Δt . Расчет дает значения влажности w_{ij} по i слоям почвенного профиля в j -интервалы времени t_j . Экспериментальная проверка результатов расчета заключается в сравнении

измеренных в опыте значений влажности $w_{ij\text{опыт}}$ и значений влажности, рассчитанных по модели $w_{ij\text{расч}}$.

Для измерений влажности по слоям почвенного профиля применяют несколько типов приборов. Используют датчики волновые электромагнитного излучения (EMI methods), емкостные, индукционные, резисторные, тензиометрические и др. [2-4]. Все датчики размещают вертикально поперек почвенных горизонтов. Датчик почвенного влагомера TRIME®-FM3 with T3 фирмы IMKO Micro modultechnik GmbH перемещают в вертикальной скважине. Датчики Enviro SCAN probe design фирмы Sentek размещают на боковой поверхности полимерной трубы, которую вертикально устанавливают в почвенном профиле. Недостаток скважинных влагомеров заключается в контактом движении влаги вдоль боковой поверхности корпуса прибора или обсадной трубы. В большей степени это проявляется на орошаемых землях при поливах и выпадении интенсивных осадков. Снижается точность измерений влажности по слоям почвенного профиля. Нарушение структуры почвенных горизонтов на участках вблизи стенок

скважины также снижает точность результатов измерений влажности почвы. В предлагаемой конструкции почвенного влагомера эти недостатки устранены.

Методы и результаты исследований. Конструкция влагомера представлена на рисунке. Влагомер включает в себя трубчатый корпус 9, снабженный горловиной 1 и уплотнительным кольцом, контактный блок 6 с подводными проводами 7 от датчиков влажности 8. Влагомер комплектуется аккумулятором 3, цифровым вольтметром 4 и подводными проводами 7 к цифровому вольтметру 4. Заглушка 2 закрывает контактный блок 6 после проведения измерений.

Влагомер используют следующим образом. Устраивают почвенный разрез глубиной не менее длины трубчатого корпуса 9. В угловой части почвенного разреза устанавливают трубчатый корпус 9. В прилегающих к влагомеру стенках почвенного разреза устраивают щели, в которых размещают датчики влажности 8. Проводят

контрольные промеры электрических сетей, затем послойно засыпают почвенный разрез. Для тарировки датчиков влагомера устраивают заливную площадку. Цифровым вольтметром фиксируют напряжение тока на аналоговых контактах датчиков 8 на контактном блоке 6. Параллельно термостатно-весовым методом измеряют влажность почвы по горизонтам установки датчиков влажности 8. Для оценки стабильности функционирования влагомера тарировку повторяют несколько раз с интервалом 2...3 недели. Тарировочный график влагомера в координатах «Напряжение тока на аналоговых контактах датчика влажности – влажность почвы» строят по осредненным значениям всех измерений. В качестве корпуса влагомера используют раструбные полипропиленовые трубы диаметром 50...75 мм. Корпус влагомера можно собирать из отдельных отрезков раструбных труб диаметром 50...75 и длиной 250...300 мм. Раструбы снабжаются уплотнительными кольцами.

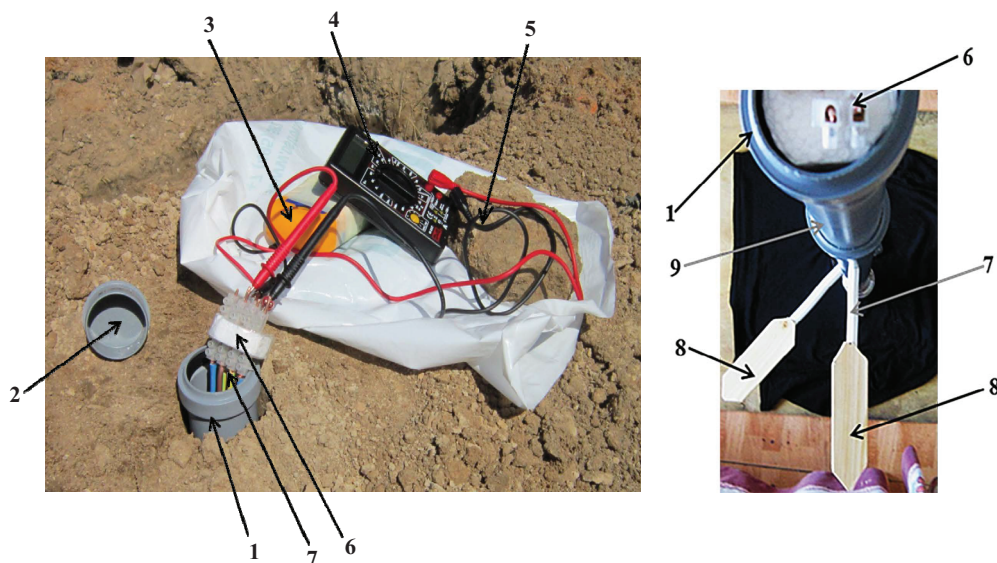


Рис. Конструкция градиентного влагомера влажности почвы:

- 1 – горловина корпуса влагомера с уплотнительным кольцом; 2 – заглушка горловины;
- 3 – аккумулятор; 4 – цифровой вольтметр; 5 – подводные провода к цифровому вольтметру;
- 6 – контактный блок влагомера; 7 – подводные провода от датчиков влажности почвы;
- 8 – датчик влажности; 9 – трубчатый корпус влагомера

Датчики влажности и отводящие провода, места прохода проводов через стенки труб герметизируют. От влаги защищают внутреннее пространство труб. Основу контактного блока изготавливают из уплотненного полипропилена, поливинилхлорида и других диэлектрических полимеров, текстолита, гетинакса. Контакты снабжены

клеммами с болтовыми прижимами. В качестве датчиков влажности можно использовать емкостное, индукционное, резисторное оборудование. В действующем макете влагомера в качестве датчиков влажности использованы емкостные датчики TREMA-moduleiarduino. В качестве аккумулятора можно применять аккумуляторы

для подзарядки различных гаджетов с выходным напряжением тока 3...5 в и током до 500 ма.

Испытания действующего макета влагомера проведены в полевых условиях. На выровненном кавальере в шурфе установили влагомер. Почву вокруг горловины уплотнили. На глубинах 25 и 50 см разместили два датчика влажности. Вокруг влагомера устроили заливную площадку 3 × 3 м. Тарировку влагомера проводили в течение 3-х недель. С перерывом в 7 сут. трижды насыщали 40 см слоя почвы до полной влагоемкости. Через каждые 3 сут. фиксировали напряжение тока на аналоговых контактах датчиков влажности и параллельно измеряли термостатно-весовым методом влажность почвы на глубинах 25 и 50 см, Напряжение тока аккумулятора составляло 5 в.

За весь период наблюдений влажность почвы изменялась в пределах 0.7...0.9 от полной влагоемкости почвы, напряжение тока на контактах датчиков влажности – в пределах 1.1...1.6 в. График тарировки строили по средним значениям всех результатов наблюдений. Относительная погрешность измерений составила 2...3%. В течение 3-х недель погрешность измерений влажности не изменялась. Протечек вдоль датчиков влажности не отмечалось. Влагомер устанавливаются в почве на весь период вегетации. Влагомеры могут найти применение в реализации программы цифровой мелиорации и землеустройства [5].

Выводы

Предложена конструкция градиентного влагомера влажности почвы, включающая в себя датчики влажности, размещаемые вдоль горизонтов почвенного профиля.

Создан действующий макет влагомера, проведены его испытания в полевых условиях. Подтверждена работоспособность предложенной конструкции влагомера. Установлена стабильность работы влагомера в течение 3-х недель с относительной погрешностью измерений 2...3%.

На основе действующего макета влагомера будет изготовлена серия градиентных влагомеров для проведения мониторинга

потока влаги в зоне аэрации почвенного профиля мелиорируемых земель на экспериментальном участке «Озерный» в Раменском регионе Московской области и на мелиорируемых сельскохозяйственных землях провинции Рака САР.

Библиографический список

1. Richards L.A. Capillary conduction of liquids through porous mediums (англ.) // Physics: journal. – 1931. – Vol. 1. – № 5. – P. 318-333. – Doi10.1063/1.1745010.
2. TRIME®-FM3 withT3. URL: <https://www.imko.de/de/> (дата обращения: 12.06.2020).
3. EnviroSCAN probedesign. URL: <https://www.sentektechnologies.com/> (дата обращения: 14.05.2020).
4. Касьянов А.Е. Экологический контроль оросительных мелиораций: монография. – М.: Изд-во «Спутник +», 2017. – 327 с.
5. Kasyanov A. On creating digital land management in the framework of the program on digital economy of the Russian Federation / Papaskiri T., Kasyanov A., Ananicheva E. // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science electronic resource. 2019. – С. 012092. [Scopus].

Материал поступил в редакцию 04.07.2020 г.

Сведения об авторах

Касьянов Александр Евгеньевич, доктор технических наук, профессор кафедры мелиорация и рекультивации земель, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: kasian64@mail.ru; SPIN-код: 8262-5760, AuthorID: 339847.

Кобозев Даниил Дмитриевич, аспирант кафедры «Мелиорация и рекультивация земель» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44; e-mail: Kobozev.daniil@yandex.ru

Исмаил Хеба, студентка 2-го курса магистратуры кафедры «Микробиология». ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44.

A.E. KASYANOV, D.D. KOBOZEV, KHEBA ISMAIL

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

SOIL MOISTURE GRADIENT HYDROMETER

There is proposed the design of a gradient soil moisture meter which includes humidity sensors placed along the horizons of the soil profile, it registers humidity in some soil layers, and it is tested under field conditions. The moisture meter consists of a case, contact block, lead cables, battery, digital voltmeter and capacitive humidity sensors. The contact block is located in the neck of the case, cables are inside the case and capacitive sensors are placed horizontally along the layers of the soil profile. The battery and digital voltmeter are connected to the contact block and placed on the soil surface. The device is installed vertically in the corner of the soil section. The device is installed vertically in the corner of the soil section. Humidity sensors are embedded in the side walls of the section. The device case and all cable connections to the case are sealed. During the field test there was arranged a flood site around the device, the soil was saturated up to the full moisture capacity and the indicators were calibrated: soil moisture – the voltage of the analog outputs. In parallel, the soil moisture was measured by the thermostatic-weight method. The humidity measurement error did not change for two weeks. The efficiency of the proposed design of the moisture meter is confirmed. The stability of the moisture meter was established within 3 weeks with a relative measurement error of 2 ... 3%. The moisture meter is installed in the soil for the whole growing season.

Gradient moisture meter, humidity sensor, soil humidity, aeration zone, moisture flow, battery, digital voltmeter, humidity gradient, soil profile, measurement methods.

References

1. **Richards L.A.** Capillary conduction of liquids through porous mediums (engl.) // Physics: journal. – 1931. – Vol. 1, – no. 5. – P. 318-333. – doi:10.1063/1.1745010

2. TRIME®- FM3 with T3: сайт – URL: [https://www.imko.de/de/\(data_obrahshcheniya:12.06.2020\)](https://www.imko.de/de/(data_obrahshcheniya:12.06.2020)). – Tekst elektronny.

3. EnviroSCANprobedesign: сайт – URL: [https://www //sentektechnologies.com /](https://www.sentektechnologies.com/) (URL: [https://www.imko.de/de/\(data_obrahshcheniya:14.05.2020\)](https://www.imko.de/de/(data_obrahshcheniya:14.05.2020))). – Tekst elektronny.

4. **Kasyanov A.E.** Ekologichesky control orositelnyh melioratsij: monografiya. – M.: Izdatelstvo «Sputnik+», 2017. – 327 s.

5. **Kasyanov A.E.** On creating digital land management in the framework of the program on digital economy of the Russian Federation / Papaskiri T., Kasyanov A., Ananicheva E. // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science electronic resource. 2019. – C. 012092. [Scopus].

The material was received at the editorial office
04.07.2020

Information about authors

Kasyanov Alexander Evgenievich, doctor of technical sciences, professor of the department of land reclamation and recultivation, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44, e-mail: kasian64@mail.ru. SPIN: 8262-5760, AuthorID: 339847.

Kobozev Daniil Dmitrievich, graduate student of the department «Land reclamation and recultivation» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44, e-mail: Kobozev.daniil@yandex.ru.

Ismail Kheba, 2nd year master student of the department of «Microbiology», FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44.