

**КУДРЯВЦЕВА ЕКАТЕРИНА АНАТОЛЬЕВНА**

E-mail: eafesyun@gmail.com

**СУДНИК ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор**

E-mail: sudnikya@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;  
127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВЕ

Разработано новое устройство для экспресс-контроля содержания гумуса в почвах, позволяющее с минимальными затратами оперативно проводить их анализ. Исследовано электрическое сопротивление почв как объективного и легко определяемого диагностического показателя агроэкологической оценки свойств почв. Разработанный прибор в своём составе содержит узлы усиления и преобразования сигнала, поступающего с измерительных электродов, и узлы, формирующие зондирующий сигнал постоянного или переменного тока заданной величины. Тракт преобразования и усиления сигнала, поступающего с измерительных электродов, включает входной фильтр, усилитель входного сигнала, генератор низкой частоты, амплитудный детектор и аналого-цифровой преобразователь с дисплеем. Принцип измерения электрического сопротивления почвы основывается на использовании многоэлектродного датчика. При этом на электроды подаётся зондирующее напряжение постоянного или переменного тока (0,1, 1,0 и 10 мА и частотой 1, 10 или 100 кГц), а с измерительных электродов снимается сигнал, пропорциональный электрическому сопротивлению почвы (между электродами). Существенное преимущество данного устройства состоит в снижении погрешности измерений за счет использования в качестве зондирующего сигнала наряду с постоянным переменного тока, причем удельное электрическое сопротивление вычисляется не на единицу длины, а на единицу площади [Ом·м<sup>2</sup>].

**Ключевые слова:** гумус, почва, измерение, электрическая проводимость, аналого-цифровой преобразователь, зондирующие и измерительные электроды.

**Введение.** Выявление новых объективных и оперативно определяемых диагностических показателей агроэкологической оценки свойств почв является актуальной задачей. Электрическая проводимость почв является одним из таких показателей. Вопрос об ее использовании для агроэкологической оценки почв является недостаточно исследованным.

Известны методы определения гумуса в почвах: лабораторный метод Тюрина [1]; рентгенодифрактометрический метод [2]; метод, основанный на окислении углерода гумуса почвы раствором бихромата калия [3]; метод измерения гумуса по его косвенному показателю – электрическому сопротивлению почвы [4].

Данные методы имеют ряд существенных недостатков:

- первые три из них неоперативны в работе, сложны и дороги;
- четвёртый метод имеет значительную погрешность измерений.

Погрешность измерений обусловлена применением для зондирования постоянного тока, величина которого нестабильна и подбирается вручную. Возникающая при этом электродная поляризация существенно искажает результаты измерений.

**Цель исследования** – разработка устройства для оперативного определения содержания гумуса в почве на основе взаимосвязи между электрической проводимостью почв и содержанием в них гумуса, а также обоснование возможности использования предлагаемого метода измерений в агроэкологической оценке почв.

**Материал и методы.** При проведении исследования использованы положения системного анализа, регрессионного и корреляционного анализов. Проверка полученных результатов осуществлена на компьютерных моделях, а также на реальных объектах [5].

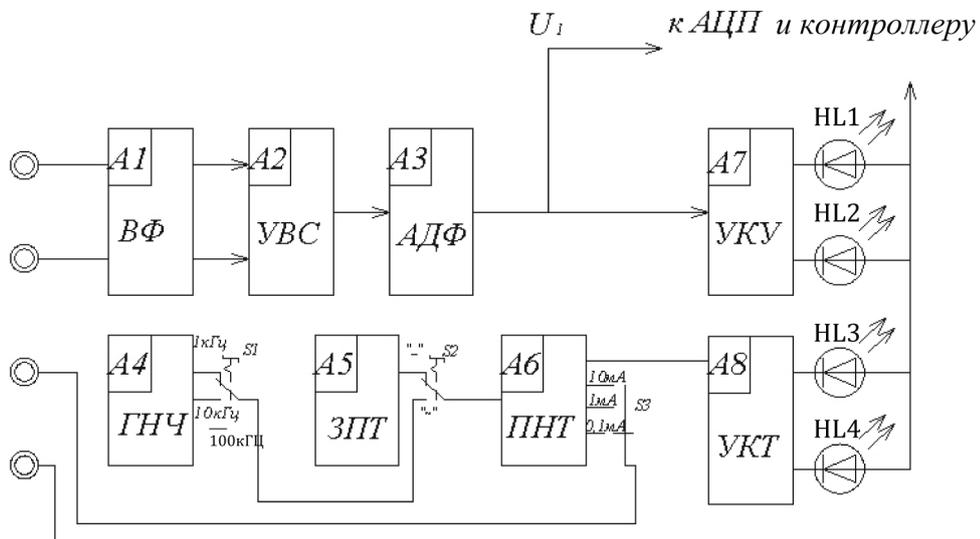
**Результаты и обсуждение.** Функциональная схема устройства для определения содержания гумуса в почве включает в себя входной фильтр ВФ (А1) (рис.), который сглаживает сигнал и устраняет помехи, находящиеся в цепи измерительных электродов. Усилитель входного сигнала УВС (А2) предназначен для его усиления, а амплитудный детектор-фильтр АДФ (А3) выделяет максимальные (модулированные) значения сигнала  $U$ , поступающего на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и контроллер. В аналого-цифровом преобразователе сигнал преобразуется из аналоговой

формы в цифровую. Полученный цифровой сигнал поступает в контроллер, в котором реализована нелинейная зависимость [6] значений гумуса почвы от её величины электрической проводимости, в результате чего на цифровом табло отображается реальное значение содержания гумуса в почве. Узел контроля усилителя УКУ (А7) выполняет контроль уровня выходного сигнала с амплитудного детектора, при этом светодиод HL1 сигнализирует о максимальном уровне сигнала, а светодиод HL2 – о минимальном уровне сигнала.

Генератор низкой частоты ГНЧ (А4) переменного тока задает величину частоты зондирующего тока в диапазоне 100, 10 или 1 кГц при измерении в режиме переменного тока. Эта частота устанавливается переключателем S1. Задатчик ЗПТ (А5) постоянного тока задает величину постоянного тока при измерении в режиме постоянного тока. Выбор вида зондирующего тока выбирается переключателем S2.

Преобразователь напряжения в ток ПНТ (А6) задает величину зондирующего тока, величина которого выбирается переключателем S3. Узел контроля тока УКТ (А8), осуществляет контроль за величиной зондирующего тока, при этом светодиод HL3 сигнализирует о максимальной величине зондирующего тока, а светодиод HL4 – о минимальной его величине.

В таком устройстве использование в качестве зондирующего сигнала наряду с постоянным переменного, причём стабилизированного тока позволило исключить приэлектродную поляризацию. К тому же измерение удельного электрического сопротивления почвы реализовано не в величинах длины [Ом·м], а в величинах площади [Ом·м<sup>2</sup>] за счёт измерения группой электродов электрического сопротивления площади поверхности почвы, что в целом позволило существенно снизить погрешность измерений.



Функциональная схема прибора для измерения гумуса почв

### Выводы

Разработано новое устройство для экспресс-контроля содержания гумуса в почве, отличающееся тем, что с целью снижения погрешности контроля, измерения проводят на площади поверхности почвы с использованием электрического тока переменной частоты.

### Библиографический список

1. Шеуджен А.Х. Органическое вещество почвы и методы его определения: Учебное пособие / А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нешадим, Л.М. Онищенко // Под ред. В.Т. Куркаева. Майкоп: ОАО «Полиграфиздат «Адыгея», 2007. 344 с.

2. Хмельницкий Р.А. Современные методы исследования агрономических объектов. М.: Высшая школа, 1981. С. 61.
3. Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. М.: Высшая школа, 2005. 557 с.
4. Карпачевский Л.О., Поздняков А.И., Строчков А.Я. Электрическое сопротивление некоторых почв гумидной зоны // Почвоведение. 1983. № 1. С. 51-63.
5. Судник Ю.А., Андреев С.А. Анализ и синтез автоматических систем мобильных сельскохозяйственных агрегатов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 1(71). С. 51-57.
6. Поздняков А.И., Позднякова Л.А., Позднякова А.Д. Стационарные электрические поля в почвах. М.: КМК, Scientific Press LTD, 1996, С. 71.

Статья поступила 13.12.2017

## DEVICE FOR DETERMINING HUMUS CONTENT IN SOIL

**YEKATERINA A. KUDRYAVTSEVA**

E-mail: eafesyun@gmail.com

**YURIYA A. SUDNIK, PhD (Eng), Professor**

E-mail: sudnikya@mail.ru

Russian Timiryazev State Agrarian; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

The authors report on a newly developed device for express control of humus content in soils, which makes it possible to carry out their analysis at minimum costs. The electrical resistance of soils has been studied as an objective and easily determined diagnostic indicator of agroecological assessment of soil properties. The developed instrument contains the nodes for amplification and conversion of the signal coming from the measuring electrodes, and the nodes forming the probing signal of a constant or alternating current of a given magnitude. The path of conversion and amplification of the signal coming from the measuring electrodes includes an input filter, an input amplifier, a low-frequency generator, an amplitude detector, and an analog-to-digital converter with a display. The principle of measuring the electrical resistance of soil is based on the use of a multi-electrode sensor. At the same time, a probing voltage of direct or alternating current (0.1, 1.0 and 10 mA and frequency 1, 10 or 100 kHz) is applied to the electrodes, and a signal proportional to the electric resistance of soil (between the electrodes) is removed from the measuring electrodes. A significant advantage of this device is the reduction of the measurement error due to the use of an alternating current as a probing signal, the specific electrical resistance being calculated per unit area [ $\text{Ohm}\cdot\text{m}^2$ ], instead of unit length.

**Key words:** humus, soil, measurement, electrical conductivity, analog-to-digital converter, probing and measuring electrodes.

### References

1. Sheudzhen A. Kh., Neshchadim N.N., Onishchenko L.M. Organicheskoye veshchestvo pochvy i metody yego opredeleniya. [Organic matter in soil and methods of its determining: Study Manual]. Ed. by V.T. Kurkayev. Maikop, OAO "Poligrafizdat "Adygeya", 2007. 344 p. (in Rus.)
2. Khmel'nitskiy R.A. Sovremennyye metody issledovaniya agronomicheskikh ob'yektov [Modern methods of studying agronomic objects]. Moscow, Vysshaya shkola, 1981. P. 61. (in Rus.)
3. Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Sukhanova N.I. Khimiya pochv [Soil chemistry]. Moscow, Vysshaya shkola, 2005. 557 p. (in Rus.)
4. Karpachevskiy L.O., Pozdnyakov A.I., Strochkov A.Ya. Elektricheskoye soprotivleniye nekotorykh pochv gumidnoy zony [Electrical resistance of some types in the humid zone]. *Pochvovedeniye*. 1983. No. 1. Pp. 51-63. (in Rus.)
5. Sudnik Yu.A., Andreyev S.A. Analiz i sintez avtomaticheskikh sistem mobil'nykh sel'skokhozyaystvennykh agregatov [Analysis and synthesis of automatic systems of mobile agricultural units]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2016. No. 1(71). Pp. 51-57. (in Rus.)
6. Pozdnyakov A.I., Pozdnyakova L.A., Pozdnyakova A.D. Stacionarnyye elektricheskiye polya v pochvakh [Stationary electric fields in soils]. Moscow, KMK, Scientific Press LTD, 1996, p. 71. (in Rus.)

*The paper was received on December 13, 2017*