

## «ТОЧНОЕ» ЗЕМЛЕДЕЛИЕ. СКАНЕРЫ ПОЧВЫ

ЖУРАВЛЕВА Лариса Анатольевна, Московский политехнический университет

*В статье приводится анализ устройств, установок и датчиков, позволяющих снимать различные характеристики почв, в том числе и в режиме реального времени. Дается описание мобильного устройства для измерения характеристик почвы и посевов, позволяющего визуализировать полученную информацию в режиме реального времени. Высокая производительность обеспечивается за счет установки датчиков, определяющих параметры посевов и влажность почвы на мобильное прицепное устройство и передающих информацию на микроконтроллер, WiFi-модуль, с выходом в Интернет.*

100

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**Введение.** Типы почв, физико-механические характеристики и содержание влаги по-разному влияют на состояние и урожайность сельскохозяйственных культур.

Например, недобор урожая на полях с чрезмерно уплотненной почвой может достигать 30–40 %, усвоение атмосферных осадков на таких почвах также может быть снижено в 3–4 раза [2].

В частности, данные о способности поля сохранять влагу дают возможность оценить сельскохозяйственный потенциал почв и соответствующую ему норму вносимых удобрений.

Для максимальной эффективности применяемых агротехнологий поле должно быть разбито на участки, отличающиеся по своим характеристикам, и на площади каждого участка должно применяться разное технологическое воздействие [1, 3, 5–7].

Дифференцированное воздействие агротехнологий в пределах отдельного сельскохозяйственного поля называется «точным земледелием» («Precision Agriculture» (точное сельское хозяйство) или «Precision Farming (точное земледелие)») [4, 9, 10, 12, 13]. Оно позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур, обеспечивает экономию ресурсов и снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду.

С точки зрения такого подхода, первостепенное значение приобретает изучение пространственной неоднородности поля, проведение трудоемких и дорогостоящих экспериментальных исследований.

Актуальной становится проблема сбора информации о пространственной изменчивости характеристик почв, выбора необходимой и экономически оправданной частоты измерений, картирования и правильной интерпретации полученных данных.

Цель исследования – совершенствование методов и технических средств исследования характеристик почв в режиме реального времени.

**Методика исследований.** В настоящее время существует множество разнородных по принципу действия, трудоемкости, эффективности и стоимости устройств, установок и датчиков, по-

зволяющих снимать различные характеристики почв, в том числе и в режиме реального времени.

Например, плотность почвы определяют при помощи penetрометров. Инструмент погружается в землю с определенной нагрузкой, фиксируется сопротивление почвы и на основе этого рассчитываются требуемые параметры. Более современным и эффективным устройством, оснащенным GPS, является penetрометр, позволяющий измерить плотность почвы, установить и зафиксировать точные координаты проведенного исследования.

Недостаток точечного определения характеристик почв заключается в необходимости определения так называемой сетки исследований, в точках которой отбираются пробы, что само по себе достаточно трудоемко.

При этом точные показатели могут быть получены только в точках замеров, а на остальных участках поля результаты интерполируются.

Современным альтернативным вариантом являются сканеры почвы. Сегодня наибольшее распространение получили три основные системы, которые позволяют сканировать почву: Geonics EM-38, Veris и Topsoil Mapper, работающие по одному и тому же принципу, измеряя электропроводность почвы [8, 11, 14].

Для определения электропроводности измеряют либо постоянный ток, либо электромагнитные поля переменного тока, т.е. электромагнитную индукцию. Полученный сигнал коррелируется с содержанием солей, органических веществ, влаги и ила в почве.

Наибольшее распространение получил прибор EM38 Geonics Limited (Канада), работа которого основана на измерении электромагнитной индукции и Veris 3100 (Veries Technologies, США), работающий по принципу измерения постоянного тока.

При определении электропроводности почвы измерительный прибор EM38 (рис. 1) движется на некотором подобии саней за транспортным средством (автомобиль или трактор) по технологическим колеям поля или перемещается ручным способом.

10  
2020





*Рис. 1. Прибор EM38*

Сканер представляет собой две катушки: катушку-передатчик для создания магнитного поля и катушку-приемник для отслеживания внешнего магнитного поля. Катушка-передатчик создает магнитное поле, вызывающее вихревые токи в почве и создавая «вторичное» магнитное поле, воспринимаемое катушкой-приемником.

Сканер Veris (рис. 2) определяет электропроводность почвы на двух глубинах (30 и 90 см), а также органическое вещество, кислотность почвы и емкость катионного обмена.

Электропроводность считывается шестью дисками, погружаемых в почву.

Содержание органики в почве на глубине 3–10 см определяется установленным на устройство

оптическим сенсором, работающим в красном и инфракрасном диапазонах.

Для автоматического анализа рН почвы в устройстве предусмотрены два рН-электрода. При скорости 10 км/ч сканер позволяет отобрать 16 проб на 1 га.

Прибор также определяет емкость катионного обмена. Это параметр характеризует способность почвы усваивать питательные вещества. Также проводится анализ проб почвы из контрольных точек.

Устройство Topsoil Mapper (Geoprospectors, Австрия) позволяет бесконтактным способом фиксировать уплотнение, структуру и влажность почвы в режиме реального времени на глубине до 1 м и устанавливается на автомобиль или трактор (рис. 3).





*Рис. 2. Общий вид прибора Veris 3100*

Специальное разработанное программное обеспечение автоматически воссоздает карту почвы. Полученные данные в режиме реального времени передаются на бортовой компьютер трактора, а затем на почвообрабатывающий агрегат.

Таким образом, основными требованиями к разработанной конструкции установки будут: мобильность, производительность, не высокая трудоемкость производимых исследований и возможность передачи данных в режиме реального времени.

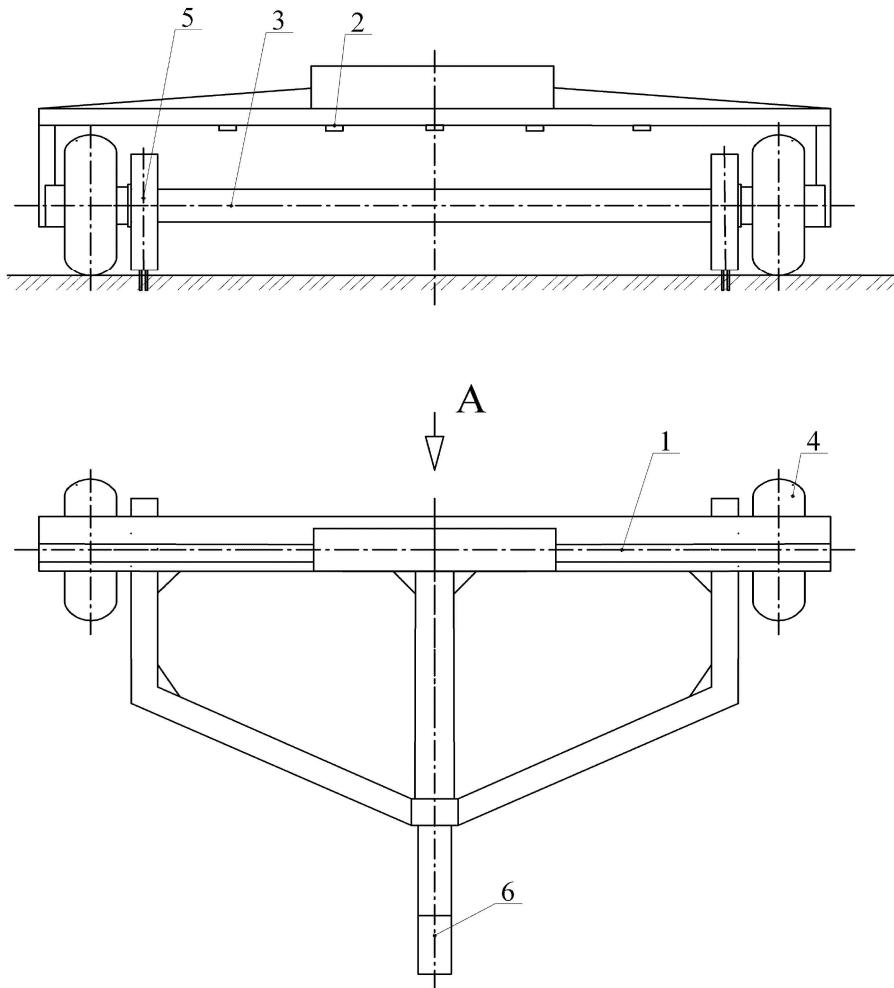
**Результаты исследований.** Предлагаемое устройство для измерения свойств почвы (рис. 4) содержит раму 1 с установленными на ней датчиками 2, определяющими параметры посевов. На оси 3 расположены опорные колеса 4 и измерительные блоки влажности почвы 5. Рама 1 имеет дышло 6, обеспечивающее сцепление с трактором или другим сельскохозяйственным агрегатом.

Измерительный блок влажности почвы (рис. 5) включает в себя жестко установленный



*Рис. 3. Устройство Topsoil Mapper (Geoprospectors, Австрия)*



Вид А

ФИГ.1

Рис. 4. Общий вид установки

на оси корпуса 1 с эксцентрично размещенной полой осью 2, радиально которой установлен цилиндр 3 с сенсором влажности 4.

Мобильное устройство для измерения характеристик почвы цепляется посредством дышла и

узла сцепки к трактору или другому сельскохозяйственному агрегату и перемещается, опираясь на опорные колеса. С датчиков бесконтактного измерения параметров, характеризующих рост и развитие растений, работающих в системах

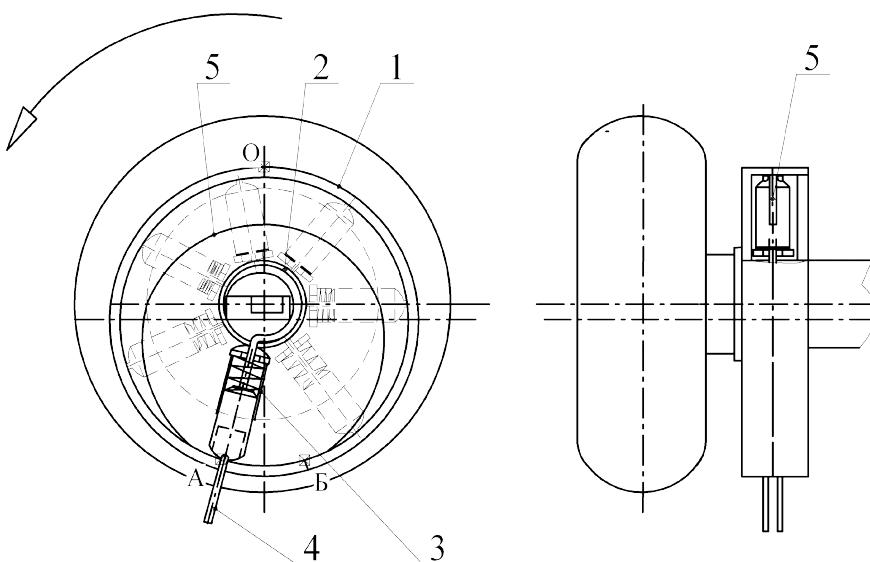


Рис. 5. Измерительный блок влажности почвы



реального времени (on-line) информация поступает в микроконтроллер, далее на WiFi-модуль, подключенный к точке доступа с выходом в Интернет (рис. 6). Данные, попавшие на облачный сервер, используются для построения графика влажности в режиме реального времени.

Рассмотрим работу измерительного блока влажности. При движении цилиндра от т. О в т. А, при вращении опорных колес по стрелке вращается и полая ось с цилиндром.

За счет эксцентрично расположенной полой оси в верхней части корпуса (т. О) цилиндрическая пружина ската и корпус сенсора влажности прижимается к внутреннему торцу цилиндра. Серповидная пластина 5 в т. О (верхняя точка) имеет

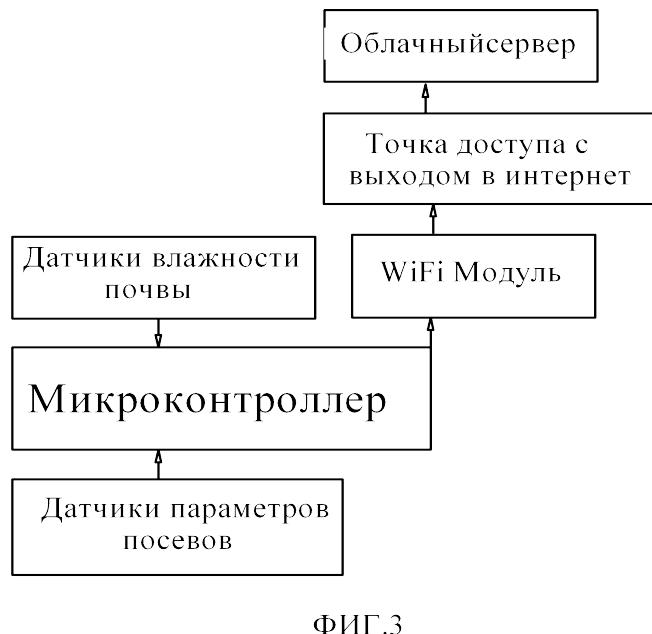


Рис. 6. Система управления

свою максимальную ширину, входит до предела в прорезь корпуса сенсора влажности, цилиндра и щупы сенсора влажности 4 вдавливаются в корпус 1.

При повороте опорных колес по стрелке ширина серповидной пластины 5 уменьшается, позволяя разжаться цилиндрической пружине. В т. А серповидная пластина 5 перестает взаимодействовать с корпусом сенсора влажности, и щупы 4 сенсора влажности выдвигаются из корпуса 1, взаимодействуя с почвой (нижняя точка).

При подъеме цилиндра по траектории дуги окружности БО серповидная пластина 5 снова взаимодействует с торцевой поверхностью корпуса сенсора влажности, проходя через прорезь, сжимает цилиндрическую пружину и втягивает щупы 4 сенсора влажности внутрь корпуса 1.

При обороте колеса щупы вновь опускаются в почву, получая и передавая информацию о влажности.

Поскольку щупы сенсора влажности взаимодействуют с почвой только в нижней точке расположения цилиндра, т.е. только при определенном положении колес, необходимо проведение экспериментальных исследований с целью определения минимального требуемого отрезка времени при котором будет получена информация о влажности почвы, что позволит определить скорость движения всей установки.

Для проведения предварительных лабораторных исследований была выбрана платформа Arduino [15], выбран датчик, содержащий вилочный зонд с двумя открытыми проводниками, погружаемыми в почву и действующий как переменный резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от влажности почвы (рис. 7–9).

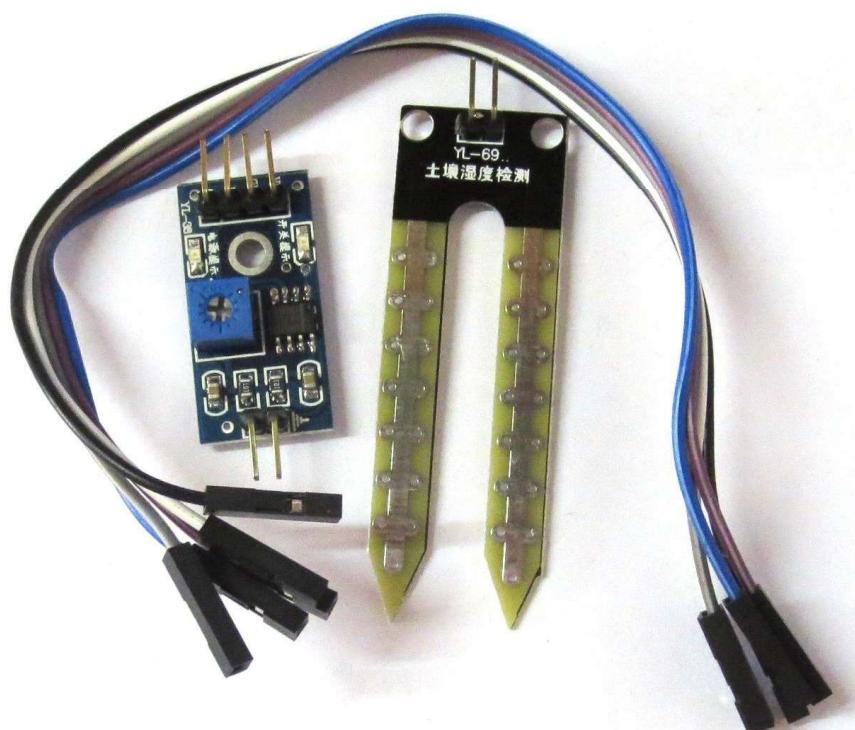
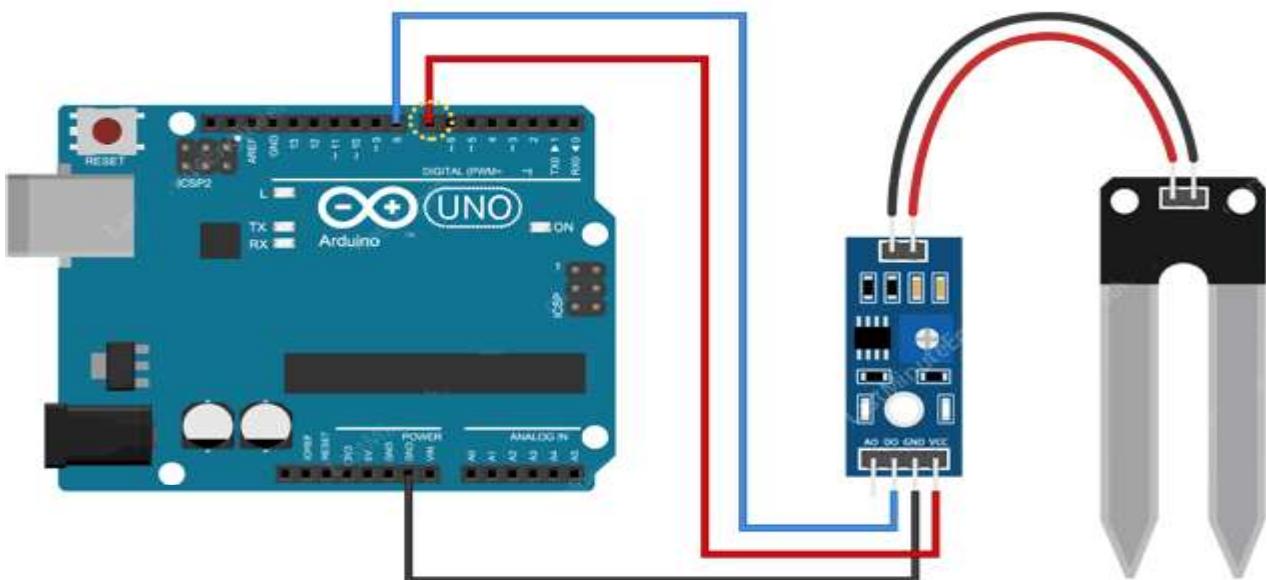
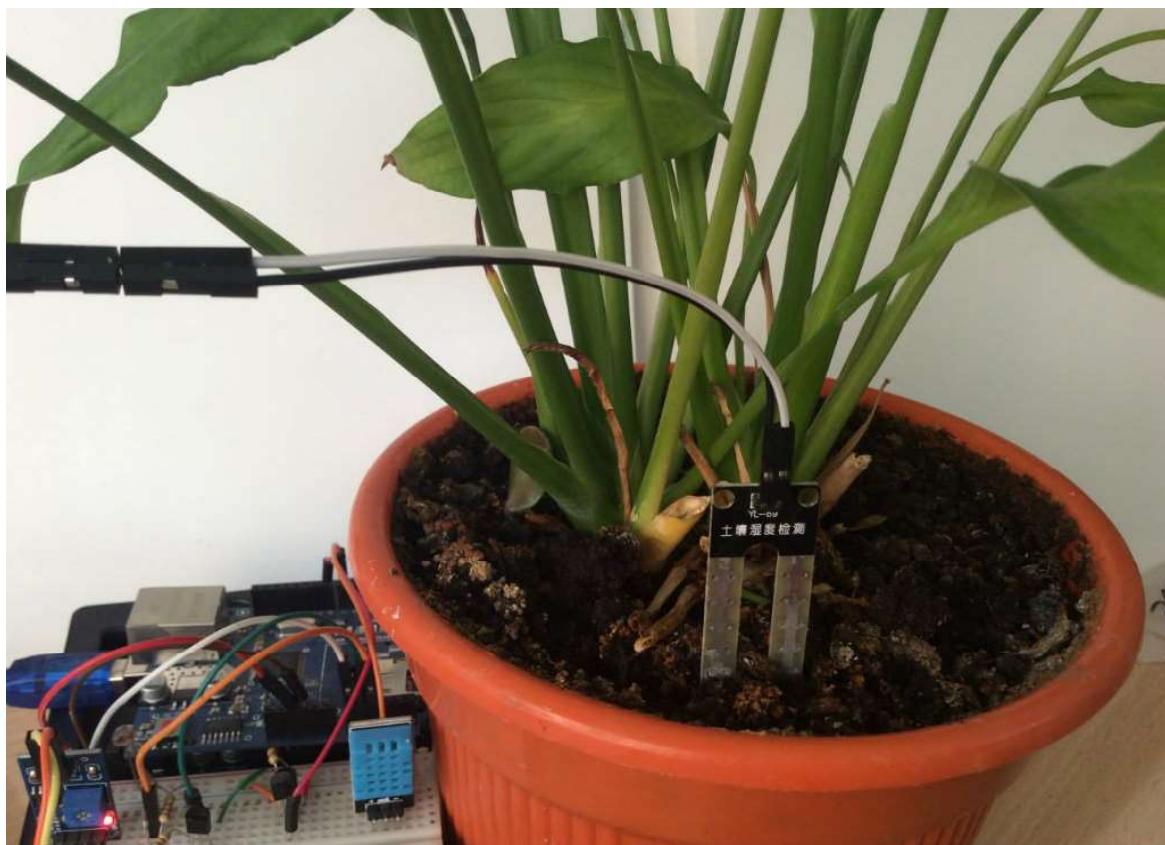


Рис. 7. Датчик влажности





*Рис. 8. Подключение датчика влажности почвы к Arduino для считывания показаний на цифровом выходе*



*Рис. 9. Определение влажности почвы с помощью электронного конструктора Arduino*

Датчик также содержит электронный модуль, соединяющий его с Arduino.

Сигнал подается на высокоточный компаратор для оцифровки, с выхода которого сигнал подается на вывод цифрового выхода.

Для регулировки чувствительности цифрового выхода модуль содержит встроенный потенциометр, с помощью которого можно установить пороговое значение.

Модуль предоставляет как аналоговый, так и цифровой выходные сигналы. Измерение влаж-

ности будем осуществлять с помощью цифрового выхода (рис. 8).

Для калибровки цифрового выхода модуль имеет встроенный потенциометр. Таким образом, когда уровень влажности превысит пороговое значение, светодиод состояния загорится, и модуль выдаст низкий логический уровень. После сборки схемы был загружен Arduino скетч. Алгоритм обработки данных заключается в следующем. На микроконтроллер Arduino с датчика влажности почвы поступает некоторое



напряжение. Аналогово-цифровой преобразователь переводит значение в цифровую форму, которое может быть выведено на экран или отправлено на облачный сервер с помощью WiFi-модуля.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что время получения информации о влажности почвы составляет доли секунды и скорости движения установки порядка 3,5 км/ч вполне достаточно для съема данных.

**Заключение.** Использование предлагаемого мобильного устройства для измерения характеристик почвы позволяет расширить технические возможности при исследовании физических свойств почвы, в частности на полях с искусственным орошением, снижает трудоемкость измерения влажности почвы, увеличивая скорость и производительность измерений, позволяет визуализировать полученную информацию в режиме реального времени.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конев А.В. Автоматизация применения и методика совершенствования способов определения доз удобрений в системе точного земледелия: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2014. – 138 с.

2. Слюсаренко В.В., Русинов А.В., Федюнина Т.В. Влияние движителей машино-тракторных агрегатов на урожай сельскохозяйственных культур // Международный научно-исследовательский журнал. – № 3. – Ч. 3. – С. 120–122.

3. Точное земледелие (аналитический обзор) / В.П. Якушев [и др.] // Агрохимический вестник. – 2001. – № 5. – С. 28–34.

4. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture): учеб.-практ. пособие / под ред. Д. Шпара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. – СПб.; Пушкин, 2009. – 397 с.

5. Труфляк Е.В. Сенсорика. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 33 с.

6. Труфляк Е.В., Кучеренко Н.Ю., Креймер А.С. Точное земледелие: состояние и перспективы. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 27 с.

7. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. издание / В.Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 316 с.

8. Agrl. Точное земледелие. – Режим доступа: <https://www.agri2.ru/product/skanirovanie-pochvy-veris/> свободный (20.04.2020).

9. Dale Steele. Analysis of Precision Agriculture Adoption & Barriers in western Canada / Producer Survey of western Canada, 2017. 53 p.

10. Davina Fillingham. Precision agriculture: In the field and beyond the farm gate. The application of precision farming technologies for rural land and asset management / A Nuffield Farming Scholarships Trust. 2014. 107p.

11. Exploration Instruments. – Режим доступа: <http://www.expins.com/item/geonics-em-38-b-rt/> свободный (20.04.2020).

12. Precision agriculture and the future of farming in Europe / Technical Horizon Scan. Brussels, European Union, 2016. 274 p.

13. Qarallah B, Shoji K, Kawamura T. (2008) Development of yield sensor for measuring individual weights of onion bulbs. Biosystems Engineering. Vol. 100: 511-515.

14 Topsoil Mapper. – Режим доступа: <https://www.topsoil-mapper.com/ru/> свободный (20.04.2020).

15. <https://www.arduino.cc/index.php> свободный (20.04.2020).

**Журавлева Лариса Анатольевна**, д-р тех. наук, доцент кафедры «Наземные транспортные средства», Московский политехнический университет. Россия.

107023, г. Москва, ул. Большая Семёновская, 38.  
Tel.: 89173299812; e-mail: dfz@yandex.ru .

**Ключевые слова:** точное земледелие; сканеры почвы; влажность; поле; сенсоры.

#### PRECISION FARMING. SOIL SCANNERS

**Zhuravleva Larisa Anatolyevna**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Surface Vehicle", Moscow Polytechnic University. Russia.

**Keywords:** precision agriculture; soil scanners; humidity; field; sensors.

The article provides an analysis of devices, installations and sensors that allow you to capture various

characteristics of soils, including in real time. A description of a mobile device for measuring the characteristics of soil and crops, which allows you to visualize the information obtained in real time. High performance is provided by installing sensors that determine the parameters of crops and soil moisture on a mobile trailer device and transmit information to a microcontroller, WiFi module, with Internet access.

