УДК 631.145
DOI: 10.35887/2305-2538-2020-2-74-82

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

[1]Романенкова Мария Сергеевна
[1]Балабанов Виктор Иванович
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Реферат. *Концепция точного земледелия предусматривает применение физико-математических, технических и программных средств для получения и обработки информации об агроэкосистемах, а также для реализации агроприемов непосредственно в поле. Рассмотрены некоторые особенности и перспективы применения цифровых технологий в сельском хозяйстве. Дан анализ основных направлений применения цифровых технологии в растениеводства, в том числе «Интернета вещей». Показаны примеры датчиков, применяемых для мониторинга окружающей среды, а также программное обеспечение для управления производством сельскохозяйственной продукции. Обоснована роль сенсоров, устанавливаемых в контрольных точках, являющихся основой системы определения характеристик почвы, предназначенных для мониторинга изменений: влажности, температуры, кислотности и т.д. Представлена возможная реализация контроля почвенных показателей восемнадцатью датчиками АМТ-300 в Центре точного земледелия Полевой опытной станции Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, позволяющая сельхозпроизводителям принимать более обоснованные решения о выборе агрокультур для каждого участка поля. Отмечается, что в последние годы активизировалась работа по разработке робототехнических (беспилотных) систем для выполнения повторяющихся операций при возделывании сельскохозяйственных культур с целью минимизации человеческого труда, вредного воздействия химических средств на человека и окружающую среду, повышение производительности труда и урожайности возделываемых культур.Делается вывод, что внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве позволит автоматизировать мониторинг сельскохозяйственных угодий и техники, более эффективно управлять процессами производства продукции, сократив непосредственное участие человека во многих агротехнологических операциях в растениеводстве.*

Ключевые слова*: цифровые технологии, координатное земледелие, мониторинг окружающей среды, Интернет вещей, автоматизация, датчики (сенсоры), параллельное и автоматическое вождение, беспилотные системы.*

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN PLANT CROPS

[1]Romanenkova Maria
[1]Balabanov Victor
[1]FSBEI HE "Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy"

Abstract. *The concept of precision farming provides for the use of physical, mathematical, technical and software tools for obtaining and processing information about agroecosystems, as well as for implementing agricultural practices directly in the field. Some features and prospects of using digital technologies in agriculture are considered. Analysis of the main directions of the application of digital technology in crop production, including the "Internet of things" has been given. Examples of sensors used for environmental monitoring, as well as software for managing agricultural production have been shown. The role of sensors installed at control points, which are the basis of the system for determining the characteristics of the soil, designed to monitor changes: humidity, temperature, acidity, etc., is substantiated. A possible implementation of the monitoring of soil indicators by eighteen AMT-300 sensors at the Center for Precision Agriculture of the Field Experimental Station of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, which allows farmers to make more informed decisions about the choice of agricultural crops for each plot of the field. It is noted that in recent years, work has intensified on the development of robotic (unmanned) systems for*

performing repetitive operations in the cultivation of crops in order to minimize human labor, the harmful effects of chemicals on humans and the environment, increasing labor productivity and crop yields. It is concluded that the introduction of digital technologies in agriculture will automate the monitoring of agricultural land and equipment, more effectively manage the production processes, reducing the direct human participation in many agro-technological operations in crop production.

Keywords: *digital technologies, coordinate agriculture, environmental monitoring, Internet of things, automation, sensors (sensors), parallel and automatic driving, unmanned systems*

Главным моментом для увеличения производительности агропромышленного комплекса хозяйства является повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники и агротехнологий. В связи с этим повышаются требования к качеству выполнения технологических процесса производства сельскохозяйственной продукции, что в свою очередь вызывают необходимость разработки, исследования и внедрения новых подходов и концепций в сельском хозяйстве, в числе которых «Точное земледелие», «Координатное земледелие», «Прецизионное земледелие», «Разумное земледелие», «Интеллектуальное сельское хозяйствование», основанных на применении геоинформационных и цифровых технологиях [1-16].

Указанные концептуальные подходы базируются на использовании роботизированных устройств, новых автоматизированных и информационных систем и технологий. Настоящий прорыв произошел в оснащении средствами электронного контроля мобильной сельскохозяйственной техники. На многих машинах использование терминалов уже является обязательным условием. Такие терминалы основываются на GPS и Isobus и поддерживаемых современным программным обеспечением. Усовершенствуется и увеличивается номенклатура устройств, позволяющих оценивать плодородие почвы, развитие растений в течение вегетационного периода и принимать обоснованные решения о необходимости примения тех или иных удобрений и подкормок, их дозировки [1-20].

В статье рассмотрены некоторые особенности и перспективы применения цифровых технологий, в том числе на базе «Интернета вещей» в растениеводстве.

В последнее время в сельском хозяйстве произошел ряд технологических преобразований. Благодаря «умным» гаджетам сельхозпроизводители получили не только полный контроль над выращиванием скота, но и смогли повысить производительность при выращивании сельскохозяйственных культур. В настоящее время эти процессы наиболее предсказуемы, тем самым это существенно повышает эффективность агробизнеса в целом [1-20].

Не смотря на то, что технологии «Интернета вещей» (англ. Internet of Things, IoT) и «Больших данных» (англ. Bigdata)в агропромышленном комплексе не достаточно распространены, все же их рынок очень быстро расширяется и тем самым использование IoT технологий в сельское хозяйство постоянно растет.

В виду того что «Интернет вещей» – развивающийся рынок, для компаний все еще есть широкие возможности для реализации своих проектов и внедрения новых программ для современных гаджетов.

Технологии «Интернета вещей» могут изменить производство сельскохозяйственных культур в нескольких аспектах. Существует пять способов как с помощью IoT можно улучшить производство продукции растениеводства [1-3].

Первый способ: большой массив данных (погодные условия, качество почвы, прогресс в росте урожая), которые можно получит с помощью интеллектуальных датчиков установленных по периметру поля, поступает в режиме онлайн на ваш смартфон. Эти данные можно использовать для отслеживания состояния вашего бизнеса как в целом, так и в отдельных аспектах.

Второй способ: контролирование внутренних процессов, что существенно помогает в снижении производственных рисков. Фермер может планировать лучше сбыт продукции, так как он может прогнозировать объем производства продукции растениеводства.

Третий способ: благодаря усиленному контролю за производством можно управлять затратами и сокращать отходы. Так отслеживая любые отклонения в процессе производства сельскохозяйственной продукции, можно значительно снизить риски потерь.

Четвертый способ: автоматизация таких процессов как орошение, внесение средств защиты растений или удобрений значительно повышает эффективность бизнеса.

Пятый способ: путем автоматизации улучшается контроль производства и поддерживаются более высокие стандарты качества и рост урожая.

В конечном итоге все эти факторы могут привести к увеличению прибыли.

Известно, что ежегодно отмечается прирост по всем возможным направлениям цифровизации агробизнеса. Наиболее востребованными цифровыми технологиями для аграрной сферы сегодня являются:

1. Постоянная в период вегитации оценка состояние развития сельскохозяйственных культур, в частности посредством нормализованного вегетационного индекса (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI**).** при этом активно используются аэро и космические снимки.

2. Прогнозная оценка потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур на основании полученных данных о их биологическом состоянии.

3. Оценка качества зерна, включая влажность, фотометрические и колометрические характеристи и множество других показателей.

4. Оценка фитосанитарного состояния сельскохозяйственных посевов и их засоренности.

5. Оценка состояния почвы: гумусированность, дифференцированность почвенного покроя, засоленность, закисленность и т.д.

6. Программные платформы для управления сельскохозяйственными предприятиями, которые опираются при выработке рациональных решений на объединенные данные, используемые, например, в точном земледелии.

7. Использование платформ данных («Field View», «Farmers Business Network» и другие). При этом сельхозтоваропроизводитель имеет реальную возможность получить индивидуальную централизованную платформу. В результате информация, полученная из большого количества источников, объединяется и генерируется обобщенная и целостная картину состояния отрасли.

В настоящее время на отечественном рынке достаточно много различных IoT-датчиков, а также IoT-приложений для сельского хозяйства (рисунок 1).

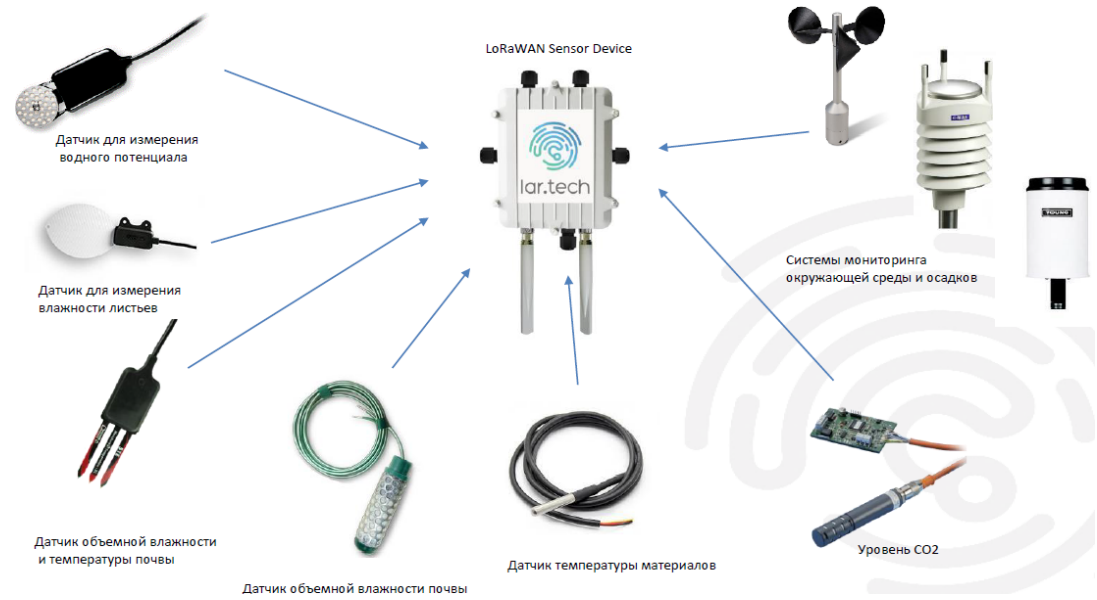

Рисунок 1– Примеры датчиков для мониторинга окружающей среды

Применение в практической агарной практике различного рода средств измерения – стратегическое направление создания современного интеллектуального сельскохозяйственного производства.

Датчики, охватывающие большие площади сельхозугодий, непрерывно передают информацию о состоянии контролируемых объектов, таких параметров, как влажность, температура почвы и воздуха, информацию о здоровье растений, наличии вредителей и т.д.

Например, сенсоры, устанавливаемые в контрольных точках, являются основой системы определения характеристик почвы, характеристик ее различий: рельефа, типа почв, освещенности и т.д. Зарегистрированные показатели отправляются на сервер, а оттуда – на устройства заинтересованных пользователей. Сельхозпроизводители принимают более обоснованные решения о том, какие сельскохозяйственные растения наиболее рационально размещать на том или ином земельном участвке. Ведь на одном поле могут находиться участки с различными агрокультурами. После того как неоднородности выявлены, появляется больше возможностей для эффективного ухода за растениями [14-20].

Самые распространенные датчики в сельском хозяйстве – это сенсоры влажности почвы, их применяют сельхозпроизводители, которые выращивают культуры на орошении. Как правило, такие сенсоры подключены к облачным сервисам для своевременной передачи информации. например, при ручном поливе, норма потребления определяется заранее. При этом невозможно должным образом учесть ту конкретиную ситуацию, которая сформируется непосредственно во время полива. В итоге возможен как избыточный полив, так недостаточный. Только датчики могут помочь определить реальную потребность в увлажнении при учете таких факторов, как тип агрокультуры, фаза ее роста и информировать о переувлажнении почвы или, наоборот, о необходимости полива.

Очевидно, что характеристики почвенных сенсоров имеют очень важное значение при их практическом применении. Сравнительная характеристика применяемых для исследований почвенных датчиков приведена в таблице.

Датчики дают необходимую информацию с помощью которой не только вырабатывается рациональная технологическая практика при производстве сельскохозяйственной продукции, не менее важна их роль и при сохранении полученного урожая. Постоянный мониторинг параметров воздушной среды, в том числе и в режиме реального времени, с учетом специфических особенностей той или иной культуры позволяет избежать неоправданных потерь продукции. В настоящее время подобного рода датчики своевременно обнаруживают очаг загнивания продукции даже в больших буртах.

Таблица. Сравнительная характеристика наиболее известных почвенных датчиков

Характеристика датчика		АМТ-300	АПЦ-1	LusterLeafRapitest 1818
Влажность почвы		+	+	+
Значение pH		+	+	+
Температура почвы		+	+	-
Освещенность		+	+	+
Уровень плодородия		-	-	+
Источник питания		батарейка 9V, тип Крона	батарейка 9V, тип Крона	-
Выключение датчика		через 5 минут бездействия	отключается автоматически при бездействии более 4,5минут	отключается при изменении положения кнопки включения
Рабочая температура		от +5°С до +40°С	от +5°С до +40°С	+3 до +40
Размеры	Корпус устройства	122х63х36мм	122 мм х 63 мм х 36 мм	260 х 60 х 38
	Длина датчика, см	20 (диаметр 5 мм)	20 (диаметр 5 мм)	19
Вес, г.		70	73	122

Для мониторинга климатических условий наиболее применимыми остаются метеорологические станции, которые в свою очередь состоят из нескольких интеллектуальных датчиков [1]. Такие станции располагаются непосредственно у поля, собирая данные о состоянии окружающей среды и почвы (рисунок 2).

Рисунок 2 – Метеостанция Центра точного земледелия РГАУ-МСХАимени К.А. Тимирязева

Еще один вид IoT, который используется при производстве сельскохозяйственной продукции это устройства, которые располагаются непосредственно на полях для сбора данных, которые относятся к земледелию.

Разработаны портативные датчики, которые могут работать в автономном режиме. Они могут вести онлайн-мониторинг требуемых показателей. Выпускаются биоразлагаемые беспроводные датчики второго поколения. Такие датчики позволяют решить еще один важный вопрос, связанный с экологией [1-3].

Такие датчики могут устанавливаться в строго установленные участки полей как вручную, так и автоматически с использованием дронов. Применение спутникового позиционирования позволяет устанавливать их с точностью до нескольких дециметров.

Концентрация датчиков определяется с учетом неоднородности рельефа сельскохозяйственных угодий. На рисунке 3 показана возможная реализация контроля почвенных показателей восемнадцатью датчиками АМТ-300 в Центре точного земледелия Полевой опытной станции Российского государственного аграрного университета – МСХА (РГАУ-МСХА) имени К.А. Тимирязева.

Удаленный доступ к ним обеспечивается системами подвижной связи. Использование альтернативных источников энергии и биоразлагаемых компонентов делает их обслуживание доступным и малозатратным.

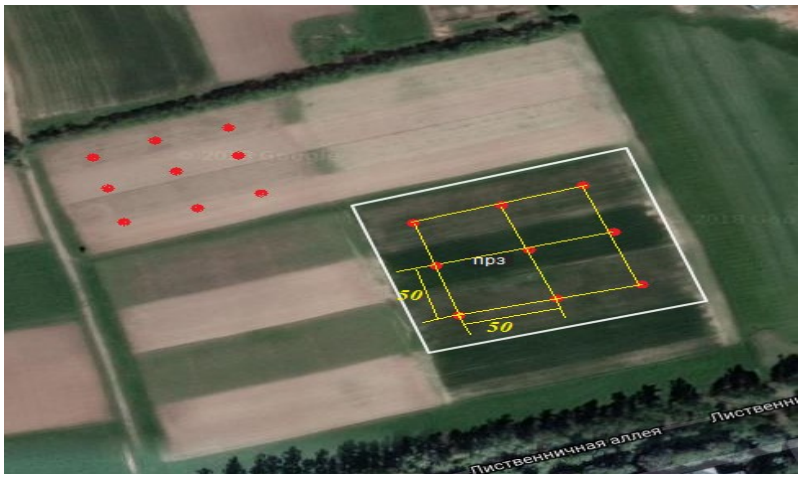

Рисунок 3 – Схема размещения датчиков на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аналитически систему анализа и выработки рациональных решений можно формализовать следующим образом:

$$Xo = F\,(A,\ B,\ C, \ldots.\ n),$$

где *Xo* – оптимальный показатель анализируемого параметра; *F* – математический (интеллектуальный) аппарат обработки массива данных; *A, B, C, n* – анализируемые (регистрируемые) показатели.

Результат моделирования представлен графиками зависимости показателей почвы и воздуха в зависимости от даты наблюдения (рисунок 4).

В связи с совершенствованием мобильных устройств: мобильных телефонов, планшетов, смартфонов, разрабатываются и активно используются приложения, которые подходят для реализации оптимизационных задач. Естественно, эти приложения могут с успехом использоваться и примительно к рассматриваемых нами задачам. Они создаются в основном на базе мобильных операционных систем iOS (компания «Apple»), Android (компания «Google») и WindowsPhone (компания «Microsoft»). Такие приложения можно приобрести в интернет-магазинах приложений AppStore, GooglePlayStore и WindowsPhoneStore. Сегодня «умный» телефон может быть эффективным ассистентом агронома, инженера, зоотехника или руководителя хозяйства, а не только средством связи, развлечения. В самом простом варианте смартфон может стать справочником, который всегда под рукой, для любого специалиста сельского хозяйства.

ExactFaming–программное обеспечение, которое может использоваться при реализации фермером технологий IoT.

Данное программное обеспечение обладает большими возможностями. С его помощью можно создавать не только электронные карты полей, но вести отчеты об осмотре этих полей, работать с космоснимками и индексом вегетации. На главной странице этого приложения «Центр мониторинга» собрана информация обо всем хозяйстве и вынесены важные показатели. Благодаря этому можно быстро оценивать текущую ситуацию [3].

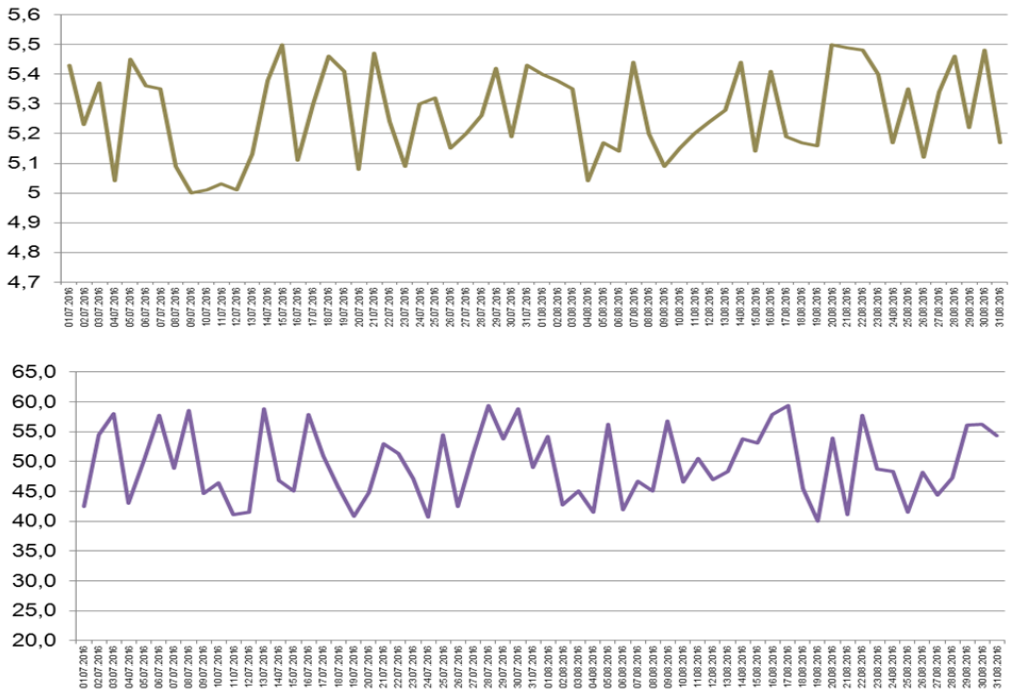

Рисунок 4 – Параметры кислотности, pH (верхний график)
и влажности почвы, % (нижний график) в динамике за период наблюдений

Трудно переоценить значение в современных условиях использования различного рода систем параллельного, автоматического вождения сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов. Их использование существенно раздвигает границы времени использования машин в течение суток, исключаются огрехи и необоснованное перекрытие при движении МТА. Резко сокращается утомляемость механизаторов, повышается их производительность. Появляется реальная возможность снизить требования к профессиональной подготовке механизаторов, без ущерба для качества выполнения сложнейших полевых механизированных работ.

Например, в настоящее время используются три способа практической реализации параллельного вождения машинно-тракторных агрегатов [8-16].

Первый способ: перемещение трактора корректируется механизатором посредством органов управления трактором. При этом он следует указаниям светодиодного или графического следоуказателя, смонтированного на панели управления.

Второй способ: траектория перемещени трактора корректируется подруливающим устройством, смонтированным на органах управления, с приводом от электродвигателя.

Третий способ: траектория перемещени трактора корректируется исполнительным механизмом, подсоединенным к гидросистеме органов управления.

В настоящее время активно ведутся разработки робототехнических (беспилотных) систем. Прежде всего они ориентированы на использовании при исполнении повторяющихся операций при возделывании сельскохозяйственных культур. Основная цель их применения: замена человеческого труда, минимизация вредного воздействия химических средств на человека и окружающую среду, повышение производительности труда и урожайности возделываемых культур.

Сельскохозяйственная отрасль является перспективным рынком для внедрения большинства разработок в области цифровых технологий, в том числе робототехники. Использование роботизированных машин в сельском хозяйстве позволяет создавать высокоинтеллектуальное автоматизированное производство сельхозпродукции.

Заключение. Разработка, исследование и внедрение цифровых технологий в агропромышленном комплексе позволят практически полностью автоматизировать мониторинг сельскохозяйственных угодий и использования техники, более эффективно управлять процессами производства продукции, сократив непосредственное участие человека во многих агротехнологических операций в растениеводстве.

В РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в Центре точного земледелия Полевой опытной станции планируется проведение исследований по использованию технологий «Интернета вещей» для управления продукционным процессом выращивания сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Козубенко И.С., Балабанов И.В. «Интернет вещей» вуправлении агропромышленным комплексом // Техника и оборудование для села**.** – 2017**.** – № 8**.** – С. 46-48.

2. Романенкова М.С. Оборудование для проведения экспериментальных исследований технологии «Интернета вещей» в растениеводстве». Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина. – 2018. – С. 211-214

3. Балабанов В.И., Романенкова М.С. «Интернет вещей» в сельском хозяйстве. Доклады ТСХА. Вып. 290. – Часть II. – 2018 – С.71-74

4. CHto takoe Internet veshchej. Internet of Things, IoT? http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A7%D1%82%D0%BE_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_(Internet_of_Things,_IoT). (data obrashcheniya 1.03.2019).

5. Интернет_вещей. [Электронный ресурс, свободный доступ]. – URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/ (дата обращения 1.03.2019).

6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. №1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]: URL: http://static.government.ru/media/files/ 9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf

7. Цифровизация в сельском хозяйстве: технологические и экономические барьеры в России [Электронный ресурс]/ J'son&PartnersConsulting. – URL: https://www.crn.ru/newsdetail. php?ID =121765 (дата обращения 21.05.2018 г.).

8. Балабанов В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. [Учебное пособие]. / В.И. Балабанов, С.В Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. - 143 с.

9. Балабанов В.И., Федоренко В.Ф. и др Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб.. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2016. – 240 с.

10. Балабанов В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии. Агротехника и технологии. – 2016. – № 5. – С. 50-53.

11. Балабанов В.И. Нужно заново учиться работать на селе // Новое сельское хозяйство. – 2010. – № 4.– С. 56–57.

12. Баутин В.М., Балабанов В.И., Березовский Е.В. // Умные кадры для «умных ферм» // Вестник ГЛОНАСС. – 2012. – № 1. – С. 41-44.

13. Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли: Монография. – М.: Изда-во РГАУ –МСХА. – 2016. – 286 с.

14. Якушев В.П. На пути к точному земледелию – Санкт-Петербург : Изд-во ПИЯФ РАН,2002. – 458 с.

15. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия – Санкт-Петербург: Изд-во ПИЯФ РАН – 2007. – 384 с.

16. Федоренко В.Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве. М.: ФГБНУ "Росинформагротех" – 2014. – 223 с.

17. Dammer K.H., Wartenbergb G. Sensor-based weed detection and application of variable herbicide rates in real time / Crop Protection. Volume 26, Issue 3, March 2007. – P. 270–277.

18. Povh F.P. &AnjosW.P.G.. Optical Sensors Applied in Agricultural Crops. 2014. Ссылка доступа: http://dx.doi.org/10.5772/57145 Просмотрено 05.05.2016

19. The Yara N-Sensor™ Complete Solution to Precision Farming. 2015 / Ссылка доступа: www.yara.co.uk. Просмотрено 05.05.2016

20. Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, 1969 Ссылка доступа: http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/13479/ProceedingsSixthInternationalSymposiumRemoteSensing.pdf?sequence=1

References

1. Kozubenko I.S., Balabanov I.V. «Internet veshchej» vupravlenii agropromyshlennym kompleksom // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2017. – № 8. – S. 46-48.

2. Romanenkova M.S. Oborudovanie dlya provedeniya eksperimental'nyh issledovanij tekhnologii «Interneta veshchej» v rastenievodstve». Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molodyh uchyonyh i specialistov, posvyashchyonnoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya V.P. Goryachkina. – 2018. – S. 211-214

3. Balabanov V.I., Romanenkova M.S. «Internet veshchej» v sel'skom hozyajstve. Doklady TSKHA. Vyp. 290. – CHast' II. – 2018 – S.71-74

4. CHto takoe Internet veshchej. Internet of Things, IoT? http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A7%D1%82%D0%BE_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_(Internet_of_Things,_IoT). (data obrashcheniya 1.03.2019).

5. Internet_veshchej. [Elektronnyj resurs, svobodnyj dostup]. – URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/ (data obrashcheniya 1.03.2019).

6. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 28 iyulya 2017 g. №1632-r «Ob utverzhdenii programmy «Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii» [Elektronnyj resurs]: URL: http://static.government.ru/media/files/ 9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf

7. Cifrovizaciya v sel'skom hozyajstve: tekhnologicheskie i ekonomicheskie bar'ery v Rossii [Elektronnyj resurs]/ J'son&PartnersConsulting. – URL: https://www.crn.ru/newsdetail. php?ID =121765 (data obrashcheniya 21.05.2018 g.).

8. Balabanov V.I. Navigacionnye tekhnologii v sel'skom hozyajstve. Koordinatnoe zemledelie. [Uchebnoe posobie]. / V.I. Balabanov, S.V ZHelezova, E.V. Berezovskij, A.I. Belenkov, V.V. Egorov. M.: Iz-vo RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2013. - 143 s.

9. Balabanov V.I., Fedorenko V.F. i dr Tekhnologii, tekhnika i oborudovanie dlya koordinatnogo (tochnogo) zemledeliya: ucheb.. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh». – 2016. – 240 s.: il.

10. Balabanov V.I. Polevaya strategiya. Vnedrenie innovacij v koordinatnom zemledelii. Agrotekhnika i tekhnologii. – 2016. – № 5. – S. 50-53.

11. Balabanov V.I. Nuzhno zanovo uchit'sya rabotat' na sele // Novoe sel'skoe hozyajstvo. – 2010. – № 4.– S. 56–57.

12. Bautin V.M., Balabanov V.I., Berezovskij E.V. // Umnye kadry dlya «umnyh ferm» // Vestnik GLONASS. – 2012. – № 1. – S. 41-44.

13. SHul'ga E.F., Kupriyanov A.O., Hlyustov V.K., Balabanov V.I., Zejliger A.M. Upravlenie sel'hozpredpriyatiem s ispol'zovaniem kosmicheskih sredstv navigacii (GLONASS) i distancionnogo zondirovaniya Zemli: Monografiya. – M.: Izda-vo RGAU –MSKHA. – 2016. – 286 s.

14. YAkushev V.P. Na puti k tochnomu zemledeliyu – Sankt-Peterburg : Izd-vo PIYAF RAN,2002. – 458 s.

15. YAkushev V.P., YAkushev V.V. Informacionnoe obespechenie tochnogo zemledeliya – Sankt-Peterburg: Izd-vo PIYAF RAN – 2007. – 384 s.

16. Fedorenko V.F. Informacionnye tekhnologii v sel'skohozyajstvennom proizvodstve. M.: FGBNU "Rosinformagrotekh" – 2014. – 223 s.

17. Dammer K.H., Wartenbergb G. Sensor-based weed detection and application of variable herbicide rates in real time / Crop Protection. Volume 26, Issue 3, March 2007. – P. 270–277.

18. Povh F.P. &AnjosW.P.G.. Optical Sensors Applied in Agricultural Crops. 2014. Ssylka dostupa: http://dx.doi.org/10.5772/57145 Prosmotreno 05.05.2016.

19. The Yara N-SensorTM Complete Solution to Precision Farming. 2015 / Ssylka dostupa: www.yara.co.uk. Prosmotreno 05.05.2016.

20. Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, 1969 Ssylka dostupa: http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/13479/ProceedingsSixthInternationalSymposiumRemoteSensing.pdf?sequence=1.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Романенкова Мария Сергеевна – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: mashkaromanenkova@mail.ru

Балабанов Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru.

Author credentials

Affiliations

Romanenkova Maria – postgraduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy”, Russia, Moscow, e-mail: mashkaromanenkova@mail.ru.

Balabanov Victor - Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy”, Russia, Moscow, e-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru.

Поступила в редакцию (Received): 23.12.2019 Принята к публикации (Accepted): 16.03.2020