

Цифровизация технологических процессов в растениеводстве России

Валерий Михайлович Коротченя,

кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: valor99@gmail.com;

Геннадий Иванович Личман,

доктор технических наук, главный специалист;

Игорь Геннадьевич Смирнов,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Влияние информационных технологий на развитие экономики настолько велико, что его часто именуют четвертой промышленной революцией. В рамках Европейской ассоциации сельскохозяйственного машиностроения разработали аналогичное понятие – сельское хозяйство 4.0, что означает переход от точного сельского хозяйства к цифровому. (*Цель исследования*) Разработать общие рекомендации по цифровизации сельского хозяйства в России. (*Материалы и методы*) Использовали нормативный подход: сопоставление исследуемой сущности цифрового сельского хозяйства и текущего положения дел в отрасли. (*Результаты и обсуждение*) Установили, что цифровое сельское хозяйство (сельское хозяйство 4.0 и 5.0) базируется на развитых механизированных технологиях (сельское хозяйство 2.0), технологиях точного сельского хозяйства (сельское хозяйство 3.0) с использованием таких цифровых технологий и технических средств, как интернет вещей, искусственный интеллект, роботы. Уточнили, что прогресс внедрения цифрового сельского хозяйства зависит от успешности функционирования всех трех уровней системы. Заключение, что недостаточное количество сельхозтехники свидетельствует о слабом развитии механизированных технологий; замедленное внедрение точного сельского хозяйства означает отсутствие опыта работы с данными технологиями в большинстве сельхозпредприятий. Дефицит ведущих российских компаний в сфере ИТ (аналогичных Amazon, Apple, Google, IBM, Intel, Microsoft и другим) ослабляет потенциальные возможности прорыва нашей страны в создании и развитии интернета вещей, искусственного интеллекта, роботов. (*Выводы*) Выявили необходимость формирования научных подходов цифровизации технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур. Представили классификацию технологий точного сельского хозяйства. Подчеркнули, что цифровизацию аграрного производства необходимо проводить на фоне роста механизации (энергонасыщенности); для внедрения технологий точного и цифрового сельского хозяйства следует организовать финансируемые государством центры обучения фермеров применению данных технологий. Требуется разработать меры по усилению развития сферы ИТ, сформировать интегральный подход к проблеме цифровизации. **Ключевые слова:** информационные технологии, точное сельское хозяйство, цифровое сельское хозяйство, цифровизация, интернет вещей.

■ **Для цитирования:** Коротченя В.М., Личман Г.И., Смирнов И.Г. Цифровизация технологических процессов в растениеводстве России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №1. С. 14-20. DOI 10.22314/2073-7599-2018-13-1-14-20.

Digitalization of Technological Processes of Crop Production in Russia

Valeriy M. Korotchenya,

Ph.D.(Econ.), key research engineer,
e-mail: valor99@gmail.com;

Gennadiy I. Lichman,

Dr.Sc.(Eng.), chief research engineer;

Igor G. Smirnov,

Ph.D.(Eng.), key research engineer

Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. Currently, the influence of program documents on digital agriculture development is rather great in our country. Within the framework of the European Association of Agricultural Mechanical Engineering, a relevant definition of agriculture 4.0 has been elaborated and introduced. Research purpose: offering general recommendations on the digitalization of agriculture in Russia Materials and methods. The authors make use of the normative approach: the core of digital agriculture is compared with the current state of the agricultural sector in Russia. Results and discussion. The analysis has found that digital agriculture



(agriculture 4.0 and 5.0) is based on developed mechanized technologies (agriculture 2.0), precision agriculture technologies (agriculture 3.0), the use of such digital technologies and technical means as the Internet of things, artificial intelligence, and robotics. The success of introducing digital agriculture depends on the success of all the three levels of the system. However, the problem of the lack of agricultural machinery indicates insufficient development of mechanized technologies; poor implementation of precision agriculture technologies means the lack of experience of using these technologies by the majority of farms in our country; an insufficient number of leading Russian IT companies (such as Amazon, Apple, Google, IBM, Intel, Microsoft etc.) weakens the country's capacity in making a breakthrough in the development of the Internet of things, artificial intelligence, and robotics. Conclusions. The authors have identified the need to form scientific approaches to the digitization of technological operations used in the cultivation of agricultural crops and classified precision agriculture technologies. They have underlined that the digitization of agricultural production in Russia must be carried out along with intensified mechanization (energy saturation); also, to introduce technologies of precision agriculture and digital agriculture, it is necessary to organize state-funded centers for training farmers in the use of these technologies. Finally, it is necessary to take measures to strengthen the development of the IT sphere, as well as formulate an integral approach to the problem of digitalization.

Keywords: information technologies, precision agriculture, digital agriculture, Internet of things.

■ For citation: Korotchenya V.M., Lichman G.I., Smirnov I.G. Tsifrovizatsiya tekhnologicheskikh protsessov v rasteniyevodstve Rossii [Digitization of technological processes in the crop production of Russia]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N1. 14-20. DOI 10.22314/2073-7599-2018-13-1-14-20 (In Russian).

Влияние информационных технологий на развитие экономической деятельности настолько велико, что Организация экономического сотрудничества и развития назвала это мегатрендом, а в других источниках его часто именуют четвертой промышленной революцией. Понятие промышленности 4.0 возникло в Германии в 2011 г. в ходе разработки федеральных программных документов по совершенствованию промышленности и национальной инновационной системы. В рамках Европейской ассоциации сельскохозяйственного машиностроения *CEMA* было разработано аналогичное понятие – сельское хозяйство 4.0, что означает переход от точного сельского хозяйства к цифровому.

Развитие цифровизации технологий часто рассматривается как способ существенного роста производства сельскохозяйственной продукции, чтобы накормить все более урбанизированное растущее население планеты.

Можно сформулировать определение понятия цифрового сельского хозяйства, рассмотрим более подробно стадии развития отрасли.

Так, *CEMA* с точки зрения используемых технологий и технических средств предлагает следующую периодизацию в развитии сельского хозяйства:

- сельское хозяйство 1.0 основано на использовании ручного труда (низкая производительность начало XX века);

- сельское хозяйство 2.0 – так называемая «Зеленая революция», когда начали активно использовать удобрения, пестициды, сельскохозяйственную технику (конец 1950-х годов);

- сельское хозяйство 3.0 – точное сельское хозяйство (1990-2000-е годы);

- сельское хозяйство 4.0 – цифровое сельское хозяйство, или, другими словами, «умное сельское хозяйство» – *smart agriculture* (начало 2010-х годов).

Использование цифровых технологий и технических средств в аграрном производстве (недорогих и улучшенных сенсоров и актуаторов, микропроцессоров, широкополосной цифровой сотовой связи, облачных вычислений, методов анализа больших данных и др.) позволит вывести точное сельское хозяйство на новый уровень, когда информация обо всех процессах и операциях существует в цифровом виде, а передача, обработка и анализ данных в основном автоматизированы.

Цель исследования – разработать общие рекомендации по цифровизации сельскохозяйственного производства в России.

Материалы и методы. Применили нормативный подход: исследуемую сущность цифрового сельского хозяйства сопоставили с текущим положением дел в отрасли; на основе данного сопоставления выдвинули рекомендации общего характера по проведению цифровизации сельскохозяйственного производства в нашей стране.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования выявили, что цифровое сельское хозяйство (сельское хозяйство 4.0 и 5.0) базируется на развитых механизированных технологиях (сельское хозяйство 2.0), технологиях точного сельского хозяйства (сельское хозяйство 3.0), использовании таких цифровых технологий и технических средств, как интернет, искусственный интеллект, роботы.

В настоящее время осуществляется переход от сельского хозяйства 4.0 к сельскому хозяйству 5.0. Сельское хозяйство 5.0 будет основываться на робототехнике и искусственном интеллекте, открываю-

щих дорогу к автономной системе принятия решений и выполнению операций без участия человека.

С учетом принятой классификации сформулируем расширенное определение цифрового сельского хозяйства (как объединению сельского хозяйства 4.0 и 5.0): под цифровым сельским хозяйством понимают такой подход к ведению аграрного производства, когда выполнение технологических операций осуществляется с помощью компьютера (искусственного интеллекта), который посредством подключенных к нему сельскохозяйственных и других машин осуществляет – самостоятельно или с минимальным участием человека – сбор, передачу и анализ соответствующих данных, принимает оптимальные (точные) решения, выполняет и контролирует их.

Данное определение носит футуристический характер, поскольку оно еще не имеет реализованной формы. Внедрены лишь отдельные элементы в упрощенном варианте. Сельскохозяйственное производство будет осуществляться с помощью искусственного интеллекта и подключенного к нему комплекса машин. Если в прошлом и настоящем основные сельскохозяйственные машины – тракторы и комбайны, то в будущем главным станет компьютер (искусственный интеллект). В настоящее время в странах с развитой экономикой в основе сельского хозяйства лежат как традиционные (сельское хозяйство 2.0 в наиболее развитой форме), так и инновационные машинные технологии, представленные сельским хозяйством 4.0.

Сельское хозяйство 5.0 пока находится в зачаточном состоянии. Сельское хозяйство 3.0 представляет собой по сути начало цифрового сельского хозяйства и поэтому служит промежуточной стадией. Но технологии цифрового сельского хозяйства слишком дорогие даже для США. Развитие сельского хозяйства 4.0 идет в русле мегатенденции влияния цифровых технологий на развитие экономики и общества [1]. Цены на оборудование и программное обеспечение цифровых технологий будут постепенно снижаться, что сделает сельское хозяйство 4.0 более доступным и распространенным по всему миру.

Исходя из данных за 1996-2013 г., Минсельхоз США изучил прибыльность применения отдельных технологий точного земледелия (как составной части цифрового сельского хозяйства). В целом точные технологии повышают прибыль хозяйства на довольно малую величину. Так, для американской фермы среднего размера, возделывающей кукурузу, повысить прибыль помогут следующие мероприятия [2]:

- составление карт с использованием *GPS* увеличивает операционную прибыль почти на 3%, а чистую прибыль – почти на 2%;
- системы автоматического вождения – на 2,5 и 1,5% соответственно;
- дифференцированное выполнение технологи-

ческих операций – на 1,1% в обоих случаях.

Первая группа из указанных технологий – самая распространенная. Например, в 2010 г. в США почти половина хозяйств, выращивающих кукурузу и представляющих 70% всей посевной площади по этой культуре, применяла мониторы при уборке урожая. В свою очередь, технологии дифференцированного воздействия не так популярны: в том же 2010 г. их использовали почти 20% хозяйств, выращивающих кукурузу и занимающих менее 30% всей посевной площади, занятой этой культурой. Технологии точного сельского хозяйства остаются весьма дорогими, и их применение возрастает прямо пропорционально размеру посевных площадей хозяйства [2].

Цифровое сельское хозяйство в версии 5.0 можно также рассматривать как последнюю стадию механизации сельского хозяйства, когда автономные машины управляются на основе цифровых технологий, без участия человека. Сельское хозяйство с точки зрения развития техники движется в сторону все большей автоматизации и роботизации. Ситуация в нашей стране несколько иная, поскольку после распада СССР количество сельхозтехники в абсолютном и относительном исчислении неуклонно сокращается [3, 4]. По данным Росстата, в конце 2017 г. в сельхозорганизациях на 1000 га пашни приходилось 3 трактора, а на 1000 га посевов зерновых культур – 2 зерноуборочных комбайна, из года в год возрастает нагрузка (площадь пашни/посевов) на одну машину.

Согласно разработанной *СЕМА* периодизации развития аграрного производства проблема нехватки сельхозтехники в России лежит в плоскости сельского хозяйства 2.0. В настоящее время идет разработка подпрограммы по цифровому сельскому хозяйству в рамках Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг. (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации № 996 от 25 августа 2017 г., с изменениями и дополнениями). Минсельхоз России инициировал продление Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на период до 2025 г., куда включил ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство».

Актуальность развития цифровых технологий основывается не только на стремлении повысить эффективность сельскохозяйственного производства, но и на необходимости сократить технологический разрыв между Россией и западными странами, обеспечив тем самым задел в области формирования цифрового сельского хозяйства.

Научные подходы к цифровизации технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур

Одной из движущих сил цифровизации сельского хозяйства стало точное земледелие, в котором на-



чали широко использовать информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). Поэтому рассмотрим, какие элементы точного земледелия необходимо использовать при выполнении технологического процесса возделывания растений, чтобы успешно осуществить его цифровизацию (*таблица*) [5].

Представленная классификация технологий точного сельского хозяйства облегчит цифровизацию технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур.

Дифференцированное выполнение технологических операций позволит [6]:

- повысить эффективность сельхозпроизводства;
- сократить затраты удобрений, посевного материала и ГСМ;
- уменьшить загрязнение окружающей среды;
- усовершенствовать систему принятия управленческих решений;

- снизить риски, обусловленные природно-климатическими, политическими и социально-экономическими факторами;

- улучшить ведение учета.

Цифровое сельское хозяйство (сельское хозяйство 4.0) подразумевает нечто большее, чем просто точное сельское хозяйство (сельское хозяйство 3.0). Дополнительно к технологиям, обозначенным в *таблице*, необходимо добавить элементы, которые появились в рамках цифровой экономики:

- техническое зрение;
- интернет вещей;
- роботы;
- искусственный интеллект;
- блокчейн.

Среди вышеназванных цифровых технологий подробнее остановимся на интернете вещей, поскольку он отражает интегральное, системообра-

Таблица		Table	
Классификация технологий точного сельского хозяйства TAXONOMY OF PRECISION FARMING TECHNOLOGIES			
Группы технологий A group of technologies	Технологии / Technologies		
Технологии сбора данных Data acquisition technologies	Глобальные спутниковые системы навигации, используемые для составления электронных карт, вождения агрегатов и др. Global navigation satellite systems used for mapping, guidance etc.		
	Технологии составления карт (рельефа поля, обеспеченности почвы элементами питания, урожайности) с использованием ГИС Mapping technologies (elevation maps, soil mapping, yield mapping), GIS		
	Технологии получения информации о свойствах почвы и растений (на основе камер и сенсоров) с использованием наземных технических средств и БПЛА Data acquisition of environmental properties technologies (based on cameras and sensors), using unmanned ground and aerial vehicles		
	Машины и программное обеспечение для технологий сбора данных (тракторы с использованием международного протокола <i>ISOBUS</i> , БПЛА, беспилотные наземные транспортные средства, информационные системы управления сельскохозяйственным предприятием, программное обеспечение для мониторинга и прогнозирования урожайности и др.) Machines and software for data acquisition technologies (tractor sensing systems using <i>ISOBUS</i> , unmanned aerial vehicles, unmanned ground vehicles, farm management information systems, software for crop monitoring and forecasting etc.)		
Технологии передачи данных Data transfer technologies	Мобильная связь / Mobile communication		
	Связь <i>LPWAN</i> Low-Power Wide-Area Network		
	Интернет (беспроводной, широкополосный) Internet (wireless, broadband)		
Технологии анализа и оценки данных Data analysis & evaluation technologies	Технологии анализа данных для выделения однородных зон в пределах поля Management zone delineation		
	Системы поддержки принятия решений Decision support systems		
	Информационные системы управления сельскохозяйственным предприятием Farm management information system		
	Работа с большим объемом данных, облачные вычисления Big data, cloud computing		
Технологии дифференцированного воздействия на систему «почва + растение» Precision application technologies (soil + plant)	Технологии дифференцированного применения (дифференцированное внесение минеральных, органических, известковых удобрений, средств химической защиты растений, дифференцированный посев, точное физическое уничтожение сорняков, точное орошение и др.) Variable rate application technologies (variable-rate application fertilizer, manure, lime, pesticide, variable-rate seeding, precision physical weeding, precision irrigation etc.)		
	Технологии вождения (контролируемое движение по полю, автопилотирование) Guidance technology (control traffic farming, auto-guidance systems)		

зующее понятие в области цифровизации сельского хозяйства.

Интернет вещей для цифровизации сельского хозяйства

Цифровое сельское хозяйство по содержанию представляет собой точное сельское хозяйство, а по форме – это интернет вещей. Приведем определения этих двух понятий.

Точное сельское хозяйство – применение технологий и принципов для использования пространственной и временной изменчивости, связанной со всеми аспектами сельскохозяйственного производства, с целью повышения урожайности и качества окружающей среды [7, 8]. Оно нацелено на учет особенностей того или иного участка поля при посадке (посеве), уходе, уборке сельскохозяйственных культур.

Интернет вещей – компьютерная сеть идентифицируемых физических предметов, оснащенных сенсорами, обладающих встроенным интеллектом, способных взаимодействовать с другими предметами и людьми через Интернет [9]. Концептуально интернет вещей состоит из трех уровней: предметов, сетевого и программного обеспечения (*рис. 1*) [10].

Технологии интернета вещей могут быть интегрированы в точное сельское хозяйство в различных аспектах для повышения эффективности и производительности сельского хозяйства. Их можно разделить на три группы (*рис. 2*) [11]: локальный сбор данных, их анализ и выполнение сельскохозяйственных операций интернетом вещей. Посредством интернета вещей точное сельское хозяйство становится действительно цифровым (сельское хозяйство 4.0). Использование искусственного интеллекта и роботов приводит к роботизации сельского хозяйства 5.0 (*рис. 2*).

Рассмотрим подробнее вышеупомянутые группы технологий интернета вещей применительно к растениеводству. Основные операции по возделыванию сельскохозяйственных культур – это обработка почвы, применение удобрений, посев, уход, уборка урожая. Все указанные операции могут быть выполнены в рамках парадигмы интернета вещей.

1. *Локальный сбор* данных осуществляется по следующим позициям:

1) агрономические данные (глубина посева семян, расстояние между семенами, густота стояния, внесенные удобрения и пестициды, влажность и температура зерна при уборке и др.) [12-15];

2) данные о почве (распределение питательных веществ в почве, ее влажность при посеве семян и др.);

3) данные о сельскохозяйственной технике (скорость, направление движения, потребление топлива, данные гидравлики, работа двигателя, диагностика и др.).

Сбор данных предоставляет сведения о параметрах почвы и статусе/урожайности на каждом участке для последующего управления технологическими операциями: посев, внесение удобрений, при-

<p>Уровень программного обеспечения Application layer</p> <p>Приложения интернета вещей (программное обеспечение для координации действий людей, предметов, систем с определенной целью) Software that coordinates the interaction of people, systems, and things/devices for a given purpose</p> <p>Управление данными (программное обеспечение для управления данными в рамках интернета вещей) Data management (software to manage data within an IoT)</p> <p>Управление процессами (программное обеспечение для управления процессами в рамках интернета вещей) Process management (software to manage processes within an IoT)</p> <p>Программное обеспечение среды функционирования (платформа) приложений интернета вещей Application development and execution environment to create IoT applications(application platform)</p> <p>Драйвера предметов Drivers of things</p>
<p>Уровень сетевого обеспечения Connectivity layer</p> <p>Сетевые протоколы, сетевое оборудование, облако Network protocols, network infrastructure, the cloud</p>
<p>Уровень предметов Things layer</p> <p>Предметы (включая встроенное программное обеспечение) Things (including embedded software)</p> <p>Компоненты: встроенные сенсоры, актуаторы, процессоры, порты подключения/антенны Components: embedded sensors, actuators, processors, and connectivity ports/antennas</p>

Рис. 1. Архитектура интернета вещей

Fig. 1. Architecture of the Internet of things

менение средств защиты растений, полив и др. Его осуществляют главным образом двумя способами:

- применение многофункциональных устройств, оснащенных системами технического зрения для дистанционного зондирования почвы и растений, включая спутники, сельскохозяйственные самолеты, воздушные шары и БПЛА;

- использование датчиков, установленных в разных местах сельхозугодий. Разработаны диверсифицированные датчики для измерения влажности, температуры, уровня нитратов и так далее. Все данные должны включать информацию о местоположении, где они были получены. Эта информация обычно генерируется на устройствах *GPS* и используется в дальнейшем при дифференцированном выполнении соответствующей технологической операции.

Объем генерируемых данных может быть огромным (*big data*). Например, предлагаемое фирмой *Farmobile* (США) в качестве стартапа решение по работе с данными предусматривает сбор данных каждую секунду, так что для крупных хозяйств такие данные автоматически становятся большими.

Генерируемые данные передаются посредством беспроводных сетевых технологий в облачное хранилище для обработки и принятия решений. Сбор данных, их передачу, анализ и хранение, как правило, осуществляет специализированная компания, с которой сельхозпроизводитель заключает договор

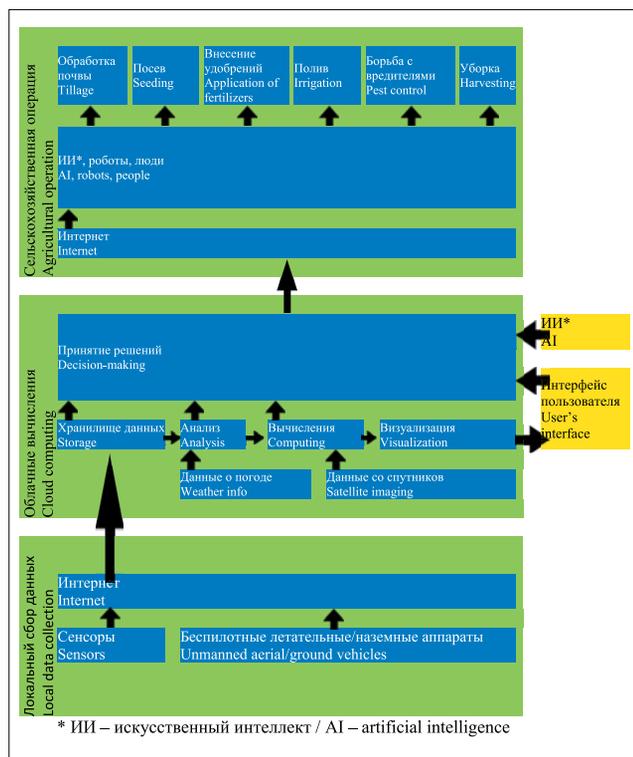


Рис. 2. Интернет вещей как сущность сельского хозяйства 4.0 и 5.0

Fig. 2. The Internet of things as the basis of agriculture 4.0 and 5.0

о предоставлении таких услуг. Эта компания может обладать собственным облаком либо заключить соответствующий договор об использовании инфраструктуры третьей организации, например Amazon (как в случае вышеупомянутой фирмы Farmobile).

2. Анализ данных на основе облачных вычислений и принятие решений осуществляется на основе вычислений согласно разработанному программному обеспечению поставщика услуг по управлению данными (с привлечением искусственного интеллекта или без него). Применяют интеллектуальный анализ данных (data mining) и машинное обучение. Представители хозяйства – это только пользователи. За соответствующую плату им предоставляют весь спектр услуг. Например, стандартный пакет американской фирмы OnFarm по управлению сельскохозяйственными данными стоит 50 долл. в мес., а предназначенный для крупных хозяйств план стоит уже 250 долл. в мес., имеется также бесплатный план. Для анализа данных OnFarm использует разработанные учеными специальные модели. Такие же услуги по работе с большим объемом данных предлагает, например, итальянская компания OMISA.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. OECD Science, Technology and Innovation Outlook. Paris: OECD Publishing. 2016. 191.
 2. Schimmelpfennig D. Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture. Economic Research Report. USDA. 2016. N217. 39.

Результаты анализа данных и рекомендуемые действия могут быть выведены на компьютер пользователя визуализацией данных.

3. Выполнение сельскохозяйственных операций, поддерживаемых интернетом вещей. Технологии интернета вещей позволяют полностью автоматизировать все выполняемые сельскохозяйственные операции: обработку почвы, внесение удобрений, посев, уход, уборку урожая. Каждое транспортное средство для выполнения операций должно быть оснащено системами GPS/ГЛОНАСС и ГИС.

Операции выполняют с использованием сельскохозяйственных устройств, машин, транспортных средств на основе решений или карт, сгенерированных на этапе облачных вычислений. Связанные команды управления передают через Интернет на сельскохозяйственные машины, которые при помощи ГИС будут обрабатывать точно (оптимально) каждый участок поля.

Выводы. Отношение к цифровому сельскому хозяйству как собственно цифровому ошибочно, поскольку сужает его содержание. Более объективен интегральный подход, когда все уровни – «механический», «точный», «цифровой» – рассматриваются как части одной и той же системы. Государственная политика в области развития сельского хозяйства при цифровизации должна учитывать следующие проблемы:

1. Нехватка сельхозтехники свидетельствует о замедленном развитии механизированных технологий.
 2. Слабое внедрение точного сельского хозяйства стало следствием отсутствия опыта работы с данными технологиями в большинстве сельхозпредприятий.
 3. Недостаточное количество ведущих российских компаний в сфере IT (аналогичных зарубежным Amazon, Apple, Google, IBM, Intel, Microsoft и др.) ослабляет потенциальные возможности прорыва в создании и развитии таких революционных технологий, как интернет вещей, искусственный интеллект, роботы.
- Общие рекомендации по цифровизации сельского хозяйства России следующие:
- цифровизацию сельскохозяйственного производства необходимо проводить на фоне роста его механизации (энергонасыщенности);
 - для внедрения технологий точного сельского хозяйства и цифрового сельского хозяйства необходимо организовать финансируемые государством центры обучения фермеров применению данных технологий;
 - следует разработать меры по усилению развития сферы IT в России.

3. Шевцов В.Г., Годжаев З.А., Лавров А.В., Зубина В.А. Методика определения оптимального количественно-возрастного состава тракторного парка // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. Т. 10. N4. С. 9-14.



4. Шевцов В.Г., Лавров А.В. Условия восстановления тракторного парка сельскохозяйственного производства как системы с ограниченными ресурсами // *Тракторы и сельхозмашины*. 2012. N2. С. 3-6.
5. Pedersen S.M., Lind K.M. Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. Cham: Springer. 2017. 276.
6. Личман Г.И., Марченко Н.М., Дринча В.М. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия. М.: Россельхозакадемия. 2004. 79 с.
7. Pierce F.J., Nowak P. Aspects of Precision Agriculture. *Advances in Agronomy*. 1999. Vol. 67. 1-85.
8. Егоров В.Г., Измайлов А.Ю., Леонова Е.В., Личман Г.И. Внедрение точного земледелия в зерновом хозяйстве Центрального Нечерноземья // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2014. Т. 7. N3. С. 25-29.
9. Rayes A., Salam S. Internet of Things – From Hype to Reality: The Road to Digitization. Cham: Springer. 2017. 328.
10. Schoder D. Introduction to the Internet of Things. Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 2018. 3-50.
11. Zhang L., Dabipi I.K., Brown W.L.Jr. Internet of Things Applications for Agriculture. Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 2018. 507-528.
12. Сычев В.Г., Байбеков Р.Ф., Афанасьев Р.А., Измайлов А.Ю., Личман Г.И., Пугачев П.М. Информационно-технологическое обеспечение точного земледелия // *Плodoreдие*. 2011. N3. С. 44-46.
13. Елизаров В.П., Артюшин А.А. Ценч Ю.С. Перспективные направления развития отечественной сельскохозяйственной техники // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. 2(31) С. 12-18.
14. Бейлис В.М., Ценч Ю.С., Старовойтов С.И., Кынев Н.Г. Тенденции развития прогрессивных машинных технологий и техники в сельскохозяйственном производстве // *Вестник ВИЭСХ*. 2018 №4(33). С. 150-156.
15. Мазитов Н.К., Шогенов Ю.Х. Ценч Ю.С. Сельскохозяйственная техника: решения и перспективы // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N3(32).С. 94-100.

REFERENCES

1. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016. Paris: OECD Publishing. 2016. 191 (In English).
2. Schimmelpfennig D. Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture. Washington DC: United States Department of Agriculture. 2016. N217. 39 (In English).
3. Shevtsov V.G., Godzhayev Z.A., Lavrov A.V., Zubina V.A. Metodika opredeleniya optimal'nogo kolichestvenno-vozrastnogo sostava traktornogo parka [Methods for determining the optimal age and composition of the tractor fleet]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016. Vol. 10. N4. 9-14 (In Russian).
4. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Usloviya vosstanovleniya traktornogo parka sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva kak sistemy s ogranichennymi resursami [Conditions for the restoration of the agricultural tractor fleet as a system with limited resources]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2012. N2. 3-6 (In Russian).
5. Pedersen S.M., Lind K.M. Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. Cham: Springer. 2017. 276 (In English).
6. Lichman G.I., Marchenko N.M., Drincha V.M. Osnovnye printsipy i perspektivy primeneniya tochnogo zemledeliya [Basic principles and perspectives of the use of precision farming]. М.: Rossel'khozakademiya. 2004. 79 (In Russian).
7. Pierce F.J., Nowak P. Aspects of Precision Agriculture. *Advances in Agronomy*. 1999. Vol. 67. 1-85 (In English).
8. Egorov V.G., Izmaylov A.Yu., Leonova E.V., Lichman G.I. Vnedrenie tochnogo zemledeliya v zernovom khozyaystve Tsentral'nogo Nечернозем'ya [Introduction of precision farming in the grain industry of the Central Non-Black Earth (Non-Chernozem) Region]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2014. Vol. 7. N3. 25-29 (In Russian).
9. Rayes A., Salam S. Internet of Things – From Hype to Reality: The Road to Digitization. Cham: Springer. 2017. 328 (In English).
10. Schoder D. Introduction to the Internet of Things. Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. Hoboken: John Wiley&Sons, Inc. 2018. 3-50 (In English).
11. Zhang L., Dabipi I.K., and Brown W.L.Jr. Internet of Things Applications for Agriculture. Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 2018. 507-528 (In English).
12. Sychev V.G., Baybekov. R.F, Afanas'yev R.A., Izmaylov A.Yu., Lichman G.I., Pugachev P.M. Informatsionno-tekhnologicheskoye obespecheniye tochnogo zemledeliya [Information-technological support for precision farming]. *Plodorediye*. 2011. N3. 44-46 (In Russian).
13. Elizarov V.P., Artyushin A.A. Tsench Yu.S. Perspektivnye napravleniya razvitiya otechestvennoy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Perspective directions of development of domestic agricultural machinery]. *Vestnik VIESH*. 2018. N2(31). 12-18 (In Russian).
14. Beylis V.M., Tsench Yu.S., Starovoytov S.I., Kynev N.G. Tendentsii razvitiya progressivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhniki v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Trends in the development of advanced machine technologies and techniques in agricultural production]. *Vestnik VIESH*. 2018 N4(33). 150-156 (In Russian).
15. Mazitov N.K., Shogenov Yu.Kh. Tsench Yu.S. Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: resheniya i perspektivy [Agricultural machinery: solutions and prospects]. *Vestnik VIESH*. 2018. N3(32). 94-100 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30.10.2018
The paper was submitted
to the Editorial Office on 30.10.2018

Статья принята к публикации 12.02.2019
The paper was accepted
for publication on 12.02.2019