

УДК 631.1:004.4

Д. К. Сучков

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (лаборатория прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов), г. Волгоград, email: suchkov1992@yandex.ru

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Ключевые слова: цифровизация, сельское хозяйство, дистанционное зондирование, беспилотные летательные аппараты, большие данные, облачные вычисления, искусственный интеллект, точное земледелие.

В статье рассматриваются условия внедрения цифровых технологий в современное сельское хозяйство России. Проанализированы особенности агропромышленного комплекса России оказывающие наибольшее влияние на эффективность цифровизации сельского хозяйства. Целью исследования являлось выявление влияния цифровых технологий на сельское хозяйство. Основой статьи явились научные работы российских и зарубежных ученых и агентств. Также в работе использован комплекс научных подходов и методов, которые основаны на теоретико-методологическом исследовании новейших цифровых технологий и возможности их интеграции в аграрный сектор. Рост как возможности, так и необходимости сбора, управления и анализа данных может привести к коренному изменению в организации продовольственной системы. В статье рассматриваются возможности и проблемы, которые вызывают данные новшества, современное состояние внедрения цифровых технологий в России, а также проводят анализ опыта различных стран в использовании данных технологий в сельском хозяйстве.

D. K. Suchkov

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Laboratory for Predicting the Bio-productivity of Agroforestsapes), Volgograd, email: suchkov1992@yandex.ru

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Keywords: digitalization, agriculture, remote sensing, unmanned aerial vehicles, big data, cloud computing, artificial intelligence, precision agriculture.

The article discusses the conditions for the introduction of digital technologies in modern agriculture in Russia. The features of the Russian agro-industrial complex that have the greatest impact on the efficiency of digitalization of agriculture are analyzed. The aim of the study is to identify the impact of digital technologies on agriculture. The article is based on the scientific works of Russian and foreign scientists and agencies. The paper also uses a set of scientific approaches and methods that are based on theoretical and methodological research of the latest digital technologies and the possibility of their integration into the agricultural sector. The growth of both the capacity and the need for data collection, management and analysis can lead to a fundamental change in the organization of the food system. Digital technologies, including some "end-to-end technologies", are making significant changes in the agricultural sector, from the automation of agricultural machinery to the optimization of the agri-food supply chain and the cost of resources, including human labor. The article analyzes the external and internal drivers of digitalization of agriculture. Brief characteristics of the latest technologies are given, and a study of their potential and possible application in agriculture is conducted. Various ways of digitalization are analyzed, from the application of low-tech solutions using the simplest technologies for obtaining management recommendations to high-tech smart farming technologies, which include a variety of sensors, the Internet of Things, big data analytics, robotics and artificial intelligence for process automation. The article examines the opportunities and problems that these innovations cause, the current state of the introduction of digital technologies in Russia, and analyzes the experience of various countries in the use of these technologies in agriculture.

Несмотря на то, что эра цифровых технологий еще не наступила, уже можно отметить значительное влияние инноваций как на повседневную жизнь людей, так и на экономику всего мира. Новые технологии, облегчая обмен и пе-

редачу данных, снижают барьеры в торговле, сближают как отрасли, так и страны, расположенные на разных континентах [1]. В современном мире уровень развития цифровых технологий играет определяющую роль в конкурентоспо-

способности стран. Переход к цифровой экономике рассматривается в качестве ключевой движущей силы экономического роста [2].

Сельское хозяйство – отрасль экономики, направленная на обеспечение населения продовольствием и получение сырья для ряда отраслей промышленности [3]. Сельское хозяйство и пищевой сектор сталкиваются с множеством вызовов. Согласно прогнозам, в 2050 году численность населения в мире достигнет 9,6 миллиардов, в связи с чем произойдет значительное увеличение спроса на продукты питания. К 2050 году человечеству потребуется производить на 70 процентов больше продовольствия. Необходимо отметить, что вместе с увеличением населения произойдет сокращение природных ресурсов: пресной воды и пахотных земель.

Несмотря на то, что сейчас не стоит вопрос о перенаселенности планеты и чрезвычайной нехватке продуктов питания, согласно данным FAO, предположительное число, пострадавших от голода в 2018 году, составляет 821 миллион человек, а доля сельского хозяйства в мировом ВВП сократилась всего до 3 процентов, что составляет одну треть его вклада всего несколько десятилетий назад. Если не будет принято никаких мер, то к 2030 году 8 процентов населения мира (или 650 миллионов человек) все еще будут недоедать и задача по достижению «нулевого голода» не будет решена в 2030 году.

Цифровые технологии могут стать решением этой проблемой [4]. Очевидна необходимость поиска драйверов развития цифровой экономики, которые будут способствовать реализации сценария по «не выпадению» России из процесса цифровизации и уходу ее с траектории догоняющего развития [5]. В сельском хозяйстве цифровизация может стать решающим фактором для повышения эффективности деятельности, увеличения урожайности и роста рентабельности. Кроме того, цифровизация сельского хозяйства способна создать более справедливую агропродовольственную цепочку создания ценности, поскольку цифровые технологии снижают операционные и транзакционные издержки, а также информационную асимметрию.

Процесс воспроизводства интенсивного типа в сельскохозяйственной деятельности, означающий развитие экономики на качественно новой основе, будет способствовать созданию продукции и услуг более высокой потребительской ценности или наилучшего сочетания цены и качества [6].

Методы исследования

Теоретической и методологической основой статьи явились научные работы российских и зарубежных ученых и агентств. Во время подготовки данной статьи были использованы общенаучные методы познания, применяемые в экономической науке, и адаптированные с учетом зарождающегося характера применения передовых цифровых технологий в сельском хозяйстве. Также в работе использован комплекс научных подходов и методов: системный и комплексный подход, методы логического и сравнительного анализа, экспертных оценок и статистического анализа. Методические подходы основаны на теоретико-методологическом исследовании потенциала новейших цифровых технологий и возможности их применения в сельском хозяйстве, анализа возможностей и проблем, которые вызовут данные новшества.

Результаты и их обсуждения

Существует множество различных новейших технологий, каждая из которых имеет свои преимущества: некоторые специализируются на сборе информации, другие на ее обработке и хранении, третьи способны выполнять задачи, освобождая людей от необходимости в ручном труде [7]. Так или иначе применение любых цифровых технологий не только повышает эффективность деятельности и снижает себестоимость, но и становится залогом конкурентоспособности [2].

В качестве основных внутренних драйверов сельскохозяйственной цифровой трансформации можно выделить:

1. Повышение производительности сельского хозяйства. Замена ручного труда автоматизированным значительно сокращает время и высвобождает трудовую силу, которой можно найти более эффективное применение [8].

2. Более эффективное управление возможными рисками. Своевременное оповещение о болезни растения, предупреждение о приближающейся непогоде, о недостатке влаги, о проблемах с почвой.

3. Улучшение доступа к рынкам и управлению бизнесом. Более глубокий анализ потребностей рынка, анализ деятельности фермы, своевременное выявление и устранение проблемных мест [9].

4. Совершенствование управления административными процессами. Автоматизация большинства административных процессов.

Кроме того, существуют такие внешние факторы цифровизации сельского хозяйства, как высокий спрос на информацию о сельскохозяйственных продуктах со стороны потребителей и необходимость внедрения технологий на фермах, чтобы участвовать и оставаться конкурентоспособными во все более и более оцифрованных глобальных производственно-сбытовых цепочках.

Необходимо отметить, что спрос на информацию, связанную с деятельностью фермерского хозяйства растет на протяжении всей цепочки создания ценности как в государственном, так и в частном секторах [10]. Можно выделить несколько факторов, которые подталкивают сельскохозяйственных производителей к повышению уровня цифровизации [11].

Прежде всего отметим набор факторов, связанный с торговлей, а также управлением цепочками создания ценности. Цифровые технологии могут обеспечивать хранение и управление данными с момента создания на ферме до передачи информации всем участникам цепочки поставок, что позволяет обеспечить полную прозрачность [12]. Доступ к сельскохозяйственным данным может также способствовать повышению эффективности регулирования торговли, например, при использовании безбумажных торговых и электронных документов. В целом это может способствовать расширению доступа на рынки для сельскохозяйственных производителей и сокращению издержек торговли.

Кроме того, можно отметить совокупность факторов, связанную с потре-

бительским спросом и реализацией государственной политики в области сельского хозяйства. Безопасность пищевых продуктов является одним из наиболее важных атрибутов качества для потребителей. При продаже некачественной продукции репутации как производителя, так и розничного или оптового продавца может быть нанесен непоправимый урон. Можно отметить, что доступ к информации о производстве пищевых продуктов может создать новый источник ценности.

Пищевая промышленность изучает использование цифровых технологий для безопасного хранения и обработки электронных записей и улучшения прозрачности осуществленных операций. В качестве основной цели можно выделить обновление процессов управления данными в рамках сложной сети, которая включает фермеров, брокеров, дистрибьюторов, розничных торговцев и потребителей, с тем чтобы облегчить проведение исследований в отношении некачественных и небезопасных для потребления пищевых продуктов. Данные исследования, при их проведении вручную, могут занять недели и так и не предоставить какого-либо результата, а цифровые технологии могут сократить затраченное время до нескольких секунд [13].

Некоторые из ранее перечисленных технологий в той или иной форме существовали в течение многих лет. Более ранние волны технического прогресса привнесли механизацию в сферу сельского хозяйства, а также возможность повышения урожайности и устойчивости сортов семян. Другой поворотной точкой можно считать применение спутникового GPS для управления сельскохозяйственной техникой. Последние достижения значительно расширили возможности получения, анализа, управления или передачи данных, имеющих отношение к сельскохозяйственной деятельности, в том числе за счет сокращения расходов и повышения скорости сбора, анализа и распространения данных. Так, опираясь на прошлые достижения, новая волна технического прогресса сосредоточена на работе с сельскохозяйственными и другими данными в электронном формате для повышения устойчивости и эффектив-

ности сельскохозяйственных и продовольственных систем.

В Российской Федерации была утверждена национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», в ее рамках существует федеральный проект «Цифровые технологии», который направлен на внедрение сквозных технологий в экономику Российской Федерации. Он призван оценить сильные и слабые стороны каждой технологии и обеспечить их внедрение на существующие рынки в различных сферах жизнедеятельности людей.

Рассмотрим существующие ключевые направления и инициативы, с помощью которых в будущем будет возможно осуществить цифровую трансформацию сельского хозяйства.

Прежде всего рассмотрим технологии дистанционного зондирования – технологии для изучения и постоянного мониторинга поверхности земли. Они нашли широкое применение в сельскохозяйственной сфере. Данные, получаемые с помощью зондирования местности предоставляют актуальную информацию (с определенной цикличностью) о состоянии земной поверхности, например, изображения полей и регионов, о местоположении урожая и степени истощения земель. Воздушно-космическое дистанционное зондирование приобретает все большее и большее значение в качестве источника данных для картографирования с высоким разрешением. Например, возможно получить изображения состояния почвы, почвенного покрова, рельефа. Необходимо отметить, что возможен сбор информации даже в районах с высоким облачным покровом, которые препятствуют использованию некоторых видов спутниковых датчиков. Спутниковые технологии позволяют наблюдать за изменениями в землепользовании: идентифицировать виды выращиваемых культур, оценивать состояние посевов, урожайность и ущерб. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования сезонной урожайности, что включает в себя прогнозирование результатов ведения сельского хозяйства на различных уровнях, а также для создания и реализации плана, способствующего сокращению нанесенного ущерба, лечения растений.

В будущем ожидается, что спутники, преодолеют существовавшие ранее ограничения и повысят способность обнаруживать мелкие и фрагментированные типы землепользования. Такие достижения откроют путь к более широкому использованию спутниковых данных в целях совершенствования сельскохозяйственной деятельности.

На данный момент в открытом доступе находится предоставленный Роскосмосом геопортал данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), который дает возможность просматривать космические снимки земной поверхности, а также является средством поиска данных ДЗЗ с российских спутников по наиболее полному в России каталогу. Пользователи могут заказать съемку по заданным параметрам.

Достижения в области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и разработки дистанционных датчиков значительно снизили стоимость и повысили эффективность дистанционного зондирования [7]. БПЛА во время полета собирают тепловые и визуальные изображения, предоставляя возможность получать более детализированные снимки, а также вести съемку в условиях облачности. Фермеры могут использовать дроны, чтобы снизить стоимость мониторинга культур, увеличить разрешение данных и повысить вероятность выявления областей, представляющих потенциальные проблемы. Например, с помощью БПЛА определить низкую доходность территории, своевременно выявить вредителей или болезнь растения.

Так, согласно оценкам PwC, применение беспилотных летательных аппаратов к 2030 году способно создать 628 000 рабочих мест и увеличить объем ВВП более, чем на 1,89% в Великобритании. Таким образом, передовые технологии внедряются странами для поддержания конкурентоспособности.

В зависимости от потребностей сельскохозяйственных угодий, а также от размеров инвестиций, возможно использование любых из вышеперечисленных технологий: от покупки снимка со спутника до приобретения собственных БПЛА. Данные технологии позволяют сократить издержки человеческого труда, поскольку человек не может обе-

спечить настолько же качественный мониторинг каждого участка земли.

Кроме того, рассмотренные технологии позволяют наблюдать за такими факторами, как погодные условия и типы почв для прогнозирования сроков посева и сбора урожая каждой культуры. Также с их помощью возможно определить ожидаемую урожайность культур на данном участке путем оценки качества урожая и размеров сельскохозяйственных угодий. Кроме того, новые технологии дали возможность определить степень дефицита питательных веществ в растениях и разработать средства защиты, которые увеличили бы уровень питательных веществ в растениях, следовательно, и общую урожайность сельскохозяйственных культур. Дистанционное зондирование предоставляет данные о влажности почвы и способствует определению количества влаги в почве и, следовательно, тип урожая, который может быть выращен на данной земле, а также помогает в планировании ирригационных потребностей почвы. Данные технологии полезны при проведении мониторинга изменений климата, которые играют важную роль в определении типов высаживаемых культур. Кроме того, как спутники, так и БПЛА являются незаменимыми в картографировании почв. С помощью картографирования почв фермеры могут определить, какие почвы являются наиболее подходящими для тех или иных культур, какие почвы требуют орошения, а также какие участки земли подверглись деградации, а какие остались нетронутыми.

Таким образом, фермеры могут собирать большой объем различной информации [14].

Ряд технологических новшеств в последнее время значительно расширили возможности по сбору, агрегированию, обработке и анализу сельскохозяйственных данных.

Большие данные – совокупность структурированных и неструктурированных данных, эффективно обрабатываемая горизонтально масштабируемыми программными инструментами. Анализ значительного объема данных при помощи больших данных позволяет увидеть закономерности, которые не может заметить человек.

Большие данные позволяют работать со значительными объемами данных, эффективно обрабатывать их за счет высоких вычислительных мощностей, выявлять зависимости и закономерности и осуществлять прогнозы на основе данных реального времени. Сельское хозяйство – сфера, в которой постоянно требуется принимать множество решений.

Использование больших данных позволяет найти среди информационного потока данные, имеющие ценность, и получить информацию, которая позволит улучшить бизнес процессы и увеличить скорость решения возникающих проблем. Большие данные предоставляют фермерам детальную информацию о климате, характере осадков. Аналитика больших данных может заранее выявить возможные проблемы на определенном поле, например, заражение участка вредителями или наступающую засуху, уменьшив необходимость регулярных ручных проверок каждого участка земли. Собранные данные облегчают принятие таких решений, как, например, какие культуры сажать для повышения рентабельности или когда лучше всего собирать урожай. Применение пестицидов можно считать спорным вопросом из-за побочных эффектов. Использование больших данных позволит принимать обоснованные решения о том стоит ли применять данные химические средства для борьбы с вредителями и болезнями растений, какие именно пестициды лучше всего использовать, когда и в течении какого периода. Это позволит придерживаться постановлений правительства, например, постановления о безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами, и избегать чрезмерного использования химических веществ в производстве продовольствия. Кроме того, это приведет к повышению рентабельности, поскольку урожай не будет гибнуть из-за сорняков, болезней и насекомых [15].

Говоря о логистике и цепочках поставок, можно отметить, что согласно исследованиям McKinsey, около трети продуктов питания, производимых человеком, теряется или становится непригодной для потребления. Для решения этой проблемы необходимо сократить циклы поставок продовольствия от производи-

теля на рынок. Большие данные могут помочь достичь эффективности цепочки поставок путем отслеживания и оптимизации маршрутов доставки поставок.

Большие данные могут привести к положительным изменениям в сельскохозяйственном секторе. При помощи программного обеспечения для интеграции различных источников данных, станет возможным получать данные о климате, агрономии, воде, сельскохозяйственном оборудовании, цепочках поставок, сорняках, питательных веществах.

Облачные вычисления – совокупность вычислительных служб, доступная пользователю через Интернет в виде сервиса, позволяющего использовать веб-интерфейс для удаленного доступа к выделенным ресурсам.

Большие объемы информации могут быть загружены в облако, которое обеспечивает хранение и вычислительную мощность для обработки и анализа собранных данных. Облачные вычисления также можно использовать для сбора данных от таких устройств, как датчики почвы, спутниковые снимки и метеорологические станции. Так, например, своевременная обработка данных позволит принять меры в течение вегетационного периода растения и исправить проблемы, до того, как они приведут к потере всего урожая.

Платформы на основе облачных вычислений могут сочетать данные из большого числа источников и обеспечивать доступ к прогнозам, разработанным экспертами, например, о том, какие продукты на данный момент пользуются спросом, а какие, по оценкам экспертов, только будут востребованы, за счет чего возможно соответствующим образом корректировать производство.

Кроме того, облачные вычисления могут давать информацию, связанную с практикой ведения сельского хозяйства, вводом сельскохозяйственных культур, инноваций, пестицидов, семян, удобрениями, устойчивостью к сорнякам, а также с оборудованием. В будущем возможно даже обеспечение доступа к базам данных потребителей и цепочкам поставок.

Существуют практические приложения для использования облачных вычислений, которые создают целую экосисте-

му, включающую датчики и инструменты мониторинга, сбор данных о состоянии почвы или изображений сельскохозяйственных полей. В качестве примера можно привести приложение Operations Center, которое использует облачные вычисления для отслеживания и контроля производительности сельскохозяйственных транспортных средств для более быстрого и эффективного устранения неполадок. Другим примером является стартап Farmers Business Network – система, построенная на базе платформы облачных вычислений. Она позволяет сравнивать урожайность фермеров, которые участвуют в программе, обеспечивает информацию о рыночных ценах на семена и химикаты.

Однако, использование больших данных и облачных вычислений имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Необходимо отметить, что облачные вычисления требуют значительных финансовых вложений, потому что чаще всего их могут использовать только крупные компании, а большинство предпринимателей не могут себе позволить их приобрести и установить. Кроме того, облачные вычисления в большинстве случаев разрабатываются для крупных ферм, оснащенных высокоскоростным Интернетом. Следовательно, сельскохозяйственные предприятия с медленным соединением или вообще не имеющих доступа к Интернету не могут применять данные технологии. Другим важным вопросом является проблема конфиденциальности, так как облачные вычисления требуют детальной информации о состоянии хозяйства и происходящих операциях для последующей передачи данных прочим лицам, включая поставщика облачных услуг и третьих лиц, которые принимают участие в анализе данных [15].

Говоря о следующих видах сквозных технологий, необходимо отметить, что на данный момент их применение требует значительных вложений, потому что могут позволить себе только компании с большим капиталом.

Исследования искусственного интеллекта (ИИ) направлены на то, чтобы заставить машины эмулировать человекоподобное поведение [9]. Благодаря ИИ машины развивают способности вза-

имодествовать, обучаться на основе как чужого, так и собственного опыта [16]. Искусственный интеллект использует сочетание анализа больших данных, облачных вычислений для функционирования и обучения.

Согласно оценкам PWC, искусственный интеллект имеет потенциал увеличить ВВП мировой экономики. Вклад ИИ можно оценить, как 26% прирост ВВП для местных экономик к 2030 году. Также ИИ может внести в мировую экономику к 2030 году до \$15,7 триллиона. Из них \$6,6 трлн. будут получены за счет повышения производительности, а \$ 9,1 трлн. будут получены от побочных эффектов потребления.

Решения ИИ способны преодолеть традиционные проблемы любой области. Так, в сельскохозяйственной сфере искусственный интеллект способен помочь фермерам повысить эффективность их деятельности. Адаптация технологии искусственного интеллекта поможет контролировать любые непредвиденные природные явления.

Рассмотрим применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. С его помощью фермеры теперь могут анализировать в режиме реального времени погодные условия, температуру, водопотребление или состояние почвы. Например, технологии искусственного интеллекта могут помочь оптимизировать планирование для получения более высоких урожаев за счет выбора культур, места и времени для посадки. ИИ делает упор на проверку дефектных культур и повышение потенциала получения здорового урожая.

Искусственный интеллект также можно использовать для создания моделей сезонного прогнозирования с целью повышения точности сельского хозяйства и повышения производительности. Данные модели способны прогнозировать погодные условия на месяцы вперед, что позволит фермерам обеспечить наилучший уход за растениями, позволит выбрать наилучшие сроки для проведения сельскохозяйственных работ.

Говоря про ИИ, необходимо упомянуть машинное обучение. Машинное обучение (machine learning) – метод анализа данных, который автоматизирует построение аналитических моделей.

Это отрасль ИИ, основанная на идее, что системы могут учиться на собственном опыте, выявлять закономерности и принимать решения с минимальным вмешательством человека [1, 15]. Так, алгоритмы глубокого обучения могут обрабатывать данные, полученные от дронов, летающих над полями. БПЛА с поддержкой искусственного интеллекта могут получать изображения со всей фермы и анализировать их в режиме, близком к реальному времени, для выявления проблемных областей. Кроме того, подобные технологии могут самостоятельно производить опрыскивание и орошение определенных культур. Применяя ИИ вместе с машинным обучением и робототехникой можно не только получать информацию, но и осуществлять практические действия, например, в некоторых случаях даже производить посадку определенных растений без применения человеческого труда. В результате ИИ уменьшит использование гербицидов в полевых условиях относительно обычного количества распыляемых химических веществ.

Необходимо отметить, что применение ботов или роботов с ИИ, решит проблему нехватки рабочей силы и повысит эффективность деятельности. Роботы могут собирать большой объем урожая, более точно выявлять и устранять сорняки, чем простые рабочие, и снижать затраты для ферм за счет наличия круглосуточной рабочей силы.

Каждая из вышеперечисленных технологий занимает собственную нишу и безусловно способна увеличить эффективность любой деятельности. Совокупность данных технологий несет в себе безграничный потенциал. Интернет вещей (IoT) – система взаимосвязанных вычислительных, механических и цифровых устройств, объектов, животных или людей, которые снабжены уникальными идентификаторами и возможностью передачи данных по сети без необходимости взаимодействия человека с человеком или человека с компьютером [17]. Согласно данным IDC ожидается, что мировые расходы на IoT превысят отметку в \$1 триллион в 2022 году.

Благодаря развитию современных технологий и интернета вещей активно набирает популярность направление

smart farming. Оно в значительной степени зависит от IoT, что устраняет необходимость физического труда и повышает производительность.

Вся экосистема IoT состоит из датчиков, которые отслеживают погодные условия (влажность, осадки, температуру) в реальном времени. Датчики IoT также могут предоставлять информацию о состоянии здоровья растений и четко показывать наличие вредителей в режиме реального времени [17]. Датчики изображения с низким разрешением идеально подходят для оценки урожая на большой площади. Кроме того, датчики интернета вещей могут собирать данные о моделях поведения вредителей на участках, позволяя пользователям оценить эффективность профилактических методов. Например, если конкретные погодные условия создают благоприятную среду для вредителей, то датчики IoT могут предложить прогностический анализ.

Вода является важным элементом в сельском хозяйстве. Использование слишком большого или слишком малого количества воды может иметь неблагоприятные последствия для урожайности сельскохозяйственных культур и здоровья почвы. Возможности IoT позволяют автоматизировать оросительную систему, что обеспечивает более эффективное использование воды [18]. Так, можно установить датчики вокруг деревьев, чтобы измерить уровень воды. Они подключаются к спринклерным оросителям, которые обрабатывают деревья по мере необходимости. Эта установка автоматизирует оросительный процесс.

Кроме того, технология IoT повышает прибыль за счет снижения рисков. При установке датчика на трактор или любую другую сельскохозяйственную технику, полученные данные постоянно обрабатываются и как только часть оборудования изнашивается или появляется проблема в функционировании устройства датчик отправляет соответствующее предупреждение. Так как техническое обслуживание является превентивным, то при своевременном ремонте можно избежать единовременных значительных расходов [15,19].

Говоря про искусственный интеллект нельзя не упомянуть точное земледелие. Точное земледелие (РА) – система

управления продуктивностью посевов, основанная на использовании комплекса спутниковых и компьютерных технологий. Цель точного земледелия заключается в снижении себестоимости единицы продукции и повышения производительности в расчете на единицу затраченных ресурсов. Необходимость в инвестициях в то или иное сельскохозяйственное угодье изменяется в зависимости от типа необходимых услуг, которые в свою очередь зависят от вида деятельности. Например, потребности у животноводческой фермы, овощной фермы, сада и ферм, ведущих натуральное хозяйство совершенно разные. Однако, независимо от конкретных целей применения новых технологий, основные причины заключаются в более рациональном использовании ресурсов, снижении себестоимости и поддержании конкурентоспособности.

Точное земледелие опирается на специализированное оборудование, программное обеспечение и IT-услуги. Иными словами, оно включает в себя несколько различных технологий. В рамках точного земледелия можно использовать как все технологии одновременно, так и только ту их часть, эффект от которой будет наиболее существенным для данного предприятия [11, 20].

Основой данной технологии является использование точных карт полей со всеми их характеристиками. Необходимо отметить, что согласно федеральному закону «О государственной регистрации недвижимости» существуют кадастровые карты, которые содержат информацию о границах участков, однако они практически не дают никакой полезной информации в рамках производственного процесса агропредприятия.

Так, точное земледелие включает доступ к данным о химическом составе почвы, уровне ее влажности, количестве получаемой солнечной радиации, углу наклона относительно горизонта, преобладающих ветрах, наличии по близости значимых природных и других объектов в режиме реального времени о состоянии сельскохозяйственных культур, почвы и воздуха. Датчики на полях измеряют влажность и температуру почвы и воздуха. Спутники и дроны предоставляют изображения отдельных

растений в режиме реального времени. Полученная информация обрабатывается, сравнивается с показателями других датчиков и в результате вырабатываются рекомендации для проблем, требующих немедленного решения. Чем больше факторов учтено и чем подробнее карта, тем точнее можно использовать спутниковые и компьютерные технологии и тем более оперативно можно корректировать производственный процесс [21].

На основе электронных карт создаются рекомендации и инструкции по количеству удобрений, семян, воды, которые нужно внести на каждый участок поля. Они загружаются в компьютеризированную сельхозтехнику, работающую в поле, и машина обрабатывает поле с минимальным участием человеческого труда. Руководствуясь инструкциями и спутниковой навигации, машины сами регулируют количество вносимых удобрений и семян на каждом участке поля. Таким образом, исключаются просветы и нахлесты между обработанными участками. Это помогает избежать нерациональной траты ресурсов. Другим направлением является мониторинг поголовья скота. Крупные фермы могут использовать беспроводные приложения IoT для сбора данных о местоположении, благополучии и здоровье своего скота. Так, технология IoT стимулировала позитивные изменения в технологии ведения учета таких выпасаемых животных, как овцы и коровы. Многие животные носят воротники, покрытые тканью, которые содержат возможности отслеживания. Данная технология является незаменимой в поиске потерянных животных.

Также датчики IoT передают информацию, которая помогает выявлять больных животных, чтобы их можно было отделить от стада, предотвращая распространение болезни. Например, организация JMB North America предлагает приложение для мониторинга коров производителям крупного рогатого скота. Одним из применений вышеописанной технологии является наблюдение за коровами, которые беременны или скоро родят.

Еще одним направлением развития являются умные теплицы. Теплицы строятся на основе IoT, что позво-

ляет контролировать микроклимат: освещение, давление, влажность, температуру. Для управления окружающей средой в умной теплице используются различные датчики, которые устанавливают необходимые параметры в соответствии с требованиями. Также создается облачный сервер для удаленного доступа к данной системе. Это исключает потребность для постоянного ручного контроля. Примером применения данной технологии можно считать Illuminum Greenhouses. Данная компания занимается установкой умных теплиц с использованием солнечных датчиков IoT. Владелец может проверять состояние теплицы с помощью постоянных оповещений или онлайн-портала [15].

Кроме того, с помощью умных теплиц можно повысить конкурентоспособность. Так, в китайском районе Шуньни компания China Mobile и прочие производители смогли увеличить производство клубники более чем на 100% за счет использования IoT и больших данных, система сбора данных позволила сократить необходимую рабочую силу на 50%. Хотя клубника не является одним из ведущих экспортных товаров Китая, этот пример применения интеллектуального сельского хозяйства показывает, как целенаправленное использование датчиков IoT может помочь оптимизировать процессы и дать возможность конкурировать с другими странами.

Проведенный анализ показывает, что с учетом представленного в статье обзора российского и зарубежного опыта цифровое сельское хозяйство включает в себя широкий спектр технологий, которые имеют множество применений по всей цепочке создания ценности в сельском хозяйстве. Эти технологии включают в себя: облачные вычисления, инструменты для анализа больших данных, искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение, глубокое обучение, технологии распределенной бухгалтерской книги, включая блокчейн и смарт-контракты, интернет вещей (IoT), цифровые коммуникационные технологии, цифровые платформы: платформы электронной коммерции, приложения для консультаций, техно-

логии точного земледелия, датчики, системы наведения и слежения, а также автоматизированную технику.

Рост как возможности, так и необходимости сбора, управления и анализа данных может привести к коренному изменению в организации продовольственной системы. Цифровизация сельского хозяйства может происходить различными способами: от применения низко технологичных решений с использованием простейших технологий для получения рекомендаций по управлению до высокотехнологичных технологий смарт фарминг, которые включают в себя множество датчиков, интернет вещей (IoT), аналитику больших данных для принятия решений, беспилотные летательные аппараты, робототехнику и искусственный интеллект (ИИ) для автоматизации процессов [15].

Новейшие технологии способствуют более эффективному управлению сельскохозяйственными угодьями, повышению производительности деятельности хозяйства и более эффективному и рациональному использованию ресурсов. Кроме того, роботизированные технологии позволяют осуществлять более надежный мониторинг и управление природными ресурсами, такими как качество воздуха и воды. Это дает производителям больший контроль над растениеводством и животноводством, переработкой, распределением и хранением ресурсов, что потенциально может привести к оптимизации затрат человеческих ресурсов, более низким ценам и безопасным продуктам питания. Передовые устройства и высокоточные сельскохозяйственные и робототехнические комплексы позволяют хозяйствам стать более прибыльными, эффективными, безопасными и экологически чистыми.

Выводы

Цифровые технологии, включая Интернет, большие данные, искусственный интеллект вносят существенные изменения в сферу сельского хозяйства. Данные изменения можно заметить на разных этапах агропродовольственной цепочки: автоматизация сельскохозяйственной техники позволяет оптимизировать затраты и снизить спрос на ручной труд, данные, полученные со спутников и датчиков повышают точность и снижают затраты на мониторинг урожая, качества земли и воды, технологии мониторинга и услуги цифровой логистики позволяют оптимизировать цепочки агропродовольственных поставок, а также предоставлять потребителям достоверную информацию.

Наконец, цифровые технологии могут поддержать торговлю в сельском хозяйстве и производстве продуктов питания, соединяя поставщиков из частного сектора с новыми рынками и предоставляя правительствам новые возможности для мониторинга и обеспечения соответствия стандартам. В современных условиях развития отраслей экономики необходимо применение новых технологий с целью сокращения затрат на производство, необходимостью соответствия потребностям рынка, быстро изменяющимся требованиям стандартов и многих нормативных документов, что практически невозможно без использования цифровых технологий, так как объемы информации растут гораздо быстрее, чем объемы производства.

Использование цифровых технологий и связанных с ними инноваций – как со стороны фермеров, так и со стороны политиков и администраторов – является еще одним шагом, который открывает новые возможности [15].

Библиографический список

1. Саргина Л.В. Особенности функционирования виртуально-финансового капитала и его влияние на развитие мирового хозяйства // ЦИТИСЭ. 2016. № 5 (9). С. 8.
2. Брякина А.В. Цифровизация экономических систем в сельском хозяйстве: экономический и правовой аспект инновационного развития сельского хозяйства // Аграрное образование и наука. 2019. № 2. С. 2.
3. Сучков Д.К., Рулева О.В. Ландшафтно-географический подход к оценке состояния насаждений в балке «Отрадной» // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 1. С. 174-194.

4. Хамраев М.С., Бауетдинов М.Ж. Проблемы формирования профессионального мастерства фермерских хозяйств на заключительных стадиях продвижения продукта сельского хозяйства. Тамбов: Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, 2018. С. 244-249.
5. Амирова Н.Р., Саргина Л.В. Экономико-производственный аспект перехода к цифровой модернизации России // Путеводитель предпринимателя. 2019. № 44. С. 7-16.
6. Балабанова А.В., Журавлев Г.Т. Социальные аспекты экономического роста // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2017. Т. 16. № 1. С. 48-63.
7. Маслова В.В. Цифровизация сельского хозяйства и повышение конкурентоспособности агропродовольственной продукции. М.: Государственный университет по землеустройству, 2018. С. 106-110.
8. Огневцев С.Б. Цифровизация экономики и экономика цифровизации АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 2. С. 77-80.
9. Авдеенко Т.В., Алетдинова А.А. Цифровизация экономики на основе совершенствования экспертных систем управления знаниями // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. № 1 (10). С. 7-18.
10. Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Шишкин И.А. Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики. Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2017. С. 114-122.
11. Варич М.И., Давлетшин Р.Р. Цифровизация сельского хозяйства в рамках проекта развития сельского хозяйства в российской федерации до 2025 года // Молодой ученый. 2020. № 2 (292). С.354-357.
12. Ларин С.Н., Знаменская А.Н. Тенденции развития сельского хозяйства и необходимость взаимодействия агрохолдингов и фермерских хозяйств // Наука без границ. 2019. № 5(33). С. 20-29.
13. Сучков Д.К. Противозероизонные насаждения и мероприятия на смытых и размытых почвах // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С. 56-61.
14. Корбут Л.С. Сельскохозяйственные переписи и их значение для совершенствования статистического наблюдения в сельском хозяйстве // Вопросы статистики. 2016. №1. С. 3-8.
15. Амирова Н.Р., Саргина Л.В., Кондратьева Я.Э. Цифровые технологии в сфере сельского хозяйства // ЦИТИСЭ. 2020. № 2. С. 266-288.
16. Пройдаков Э.М. Современное состояние искусственного интеллекта // Научно-исследования. 2018 № 2018. С. 129-153.
17. Кадыров С.В. Цифровые технологии в сельском хозяйстве. умное сельское хозяйство. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. С. 29-36.
18. Айтпаева А.А. Цифровизация сельского хозяйства в контексте повышения конкурентоспособности отечественного АПК // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. 2019. № 3. С. 56-63.
19. Рулев А.С., Рулева О.В., Сучков Д.К. Почвенно-таксационная оценка модульных полезащитных лесных полос // Лесохозяйственная информация. 2021. № 1. С. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2021.1.02.
20. Кораблев А.Ю., Булатов Р.Б. Машинное обучение в бизнесе // АНИ: экономика и управление. 2018. №2 (23). С. 68-72.
21. Косова А.Е., Корилов А.М. Применение видеокамер на борту беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для задач автоматического определения координат БПЛА // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов международной научнопрактической конференции. 2016. № 1-2. С. 32-34.