

УДК 338.43.02
DOI

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОПЫТ СТРАН БРИКС

Саушева О.С.

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,
Саранск, e-mail: savox@mail.ru*

Цель работы заключается в исследовании современных практик внедрения цифровых технологий в деятельность сельскохозяйственных производителей в отдельных странах БРИКС, а также выявлении основных ограничений данного процесса. Для достижения поставленной цели проанализированы конкретные примеры использования цифровых технологий в различных звеньях воспроизводственной цепи агропромышленного комплекса в рамках ключевых технологий и концепций «Сельского хозяйства 4.0» в таких странах БРИКС, как Китай, Индия, ЮАР и Бразилия. Были описаны различные сельскохозяйственные процессы, имеющие высокий уровень технологического развития и поэтому рассматривающиеся как ориентированные на будущее. Обобщение опыта сельхозтоваропроизводителей данных стран позволило выявить общие факторы, ограничивающие цифровую трансформацию сектора, среди которых сложность и значительная финансовая стоимость внедрения цифровых технологий, отсутствие квалифицированного персонала, сопротивление и неготовность фермеров внедрять инновации, высокий финансовый риск, опасность кибератак, проблемы интеграции различных платформ, отсутствие высокоскоростного интернета в сельской местности и другие. В заключение сделан вывод о том, что в условиях перехода к концепции «Сельское хозяйство 5.0» преодоление институциональных, инвестиционных и кадровых ограничений цифровой трансформации является важнейшей задачей устойчивого развития экономики.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, продовольственная безопасность, устойчивость агропродовольственных систем

DIGITALIZATION OF AGRICULTURE AS A FACTOR IN ENSURING FOOD SECURITY: THE EXPERIENCE OF THE BRICS COUNTRIES

Sausheva O.S.

¹National Research Mordovia State University, Saransk, e-mail: savox@mail.ru

The aim of this paper is to investigate the current practices of digital technology adoption by agricultural producers in selected BRICS countries and to identify the main limitations of this process. In order to achieve this goal, specific examples of the use of digital technologies in various links of the reproduction chain of agribusiness in the framework of key technologies and concepts of 'Agriculture 4.0' in such BRICS countries as China, India, South Africa and Brazil were analysed. Various agricultural processes that are highly technologically advanced and therefore seen as future-oriented were described. Summarising the experiences of agricultural producers in these countries identified common factors limiting the digital transformation of the sector, including the complexity and significant financial cost of implementing digital technologies, lack of qualified personnel, resistance and unwillingness of farmers to innovate, high financial risk, risk of cyber-attacks, problems of integrating different platforms, lack of high-speed internet in rural areas and others. It is concluded that in the conditions of transition to the 'Agriculture 5.0' concept, overcoming institutional, investment and human resources limitations of digital transformation is the most important task of sustainable economic development.

Keywords: digitalization of agriculture, food security, sustainability of agrifood systems

Введение

В условиях трансформирующейся экономической обстановки блок БРИКС постепенно приобретает все большую экономическую значимость. Страны, входящие в объединение, формируют 36,7% мирового ВВП (прогнозная оценка по итогам 2024 года, озвученная на саммите в Казани), имеют возможность совместно защищать национальные интересы и обеспечивать свою экономическую безопасность. Важной задачей, стоящей перед странами блока, является обеспечение продовольственной безопасности посредством формирования устойчивых агропродовольственных систем

и постепенного перехода от традиционных ресурсоемких агротехнологий к процессам масштабной цифровизации и автоматизации отрасли. Данная задача более эффективно может быть решена сообща, с учетом как положительного, так и отрицательного опыта стран БРИКС.

Выгоды данного процесса очевидны: цифровизация сельского хозяйства позволяет снизить остроту угрозы ограниченности ресурсов, повысить эффективность аграрного производства, а также сделать работу отрасли более «зеленой», экологичной и устойчивой. Для предприятий внедрение цифровых технологий на производственном

уровне способствует информатизации всей цепочки поставок, устраняет информационную асимметрию между производством и потреблением, а также улучшает согласованность спроса и предложения. Цифровизация позволяет предприятиям лучше понимать предпочтения потребителей, расширять многофункциональность своих сельскохозяйственных производственно-сбытовых цепочек и создавать новые отраслевые форматы, к примеру такие, как экологическое сельское хозяйство и агротуризм, тем самым удовлетворяя разнообразные потребности потребителей.

При этом полноценная интеграция технологий Индустрии 4.0 в АПК стран БРИКС – пока вопрос будущего. Производители сталкиваются с целым рядом препятствий – как макроэкономического, системного характера, так и на уровне отдельных предприятий, что препятствует внедрению цифровых технологий и приводит к низкой отдаче от инвестиций в цифровизацию сельского хозяйства.

Цель исследования – изучение современных практик внедрения цифровых технологий в деятельность сельскохозяйственных производителей в отдельных странах БРИКС, а также выявление основных ограничений данного процесса.

Материалы и методы исследования

В целях анализа текущего состояния процессов цифровизации в сельскохозяйственном производстве отдельных стран БРИКС были проанализированы конкретные примеры использования цифровых технологий в различных звеньях воспроизводственной цепи АПК в рамках ключевых технологий и концепций «Сельского хозяйства 4.0» в таких странах БРИКС, как Китай, Индия, ЮАР и Бразилия. В анализе использовались как данные национальных статистических ведомств, так и научные аналитические материалы. Были описаны различные сельскохозяйственные процессы, имеющие высокий уровень технологического развития и поэтому рассматривающиеся как ориентированные на будущее. Это позволило выявить ключевые препятствия и ограничения для внедрения данных технологий, что представляет интерес для будущей цифровой трансформации аграрного сектора экономики России.

Результаты исследования и их обсуждение

Всемирная продовольственная и сельскохозяйственная организация (FAO) предлагает понимать «Сельское хозяйство 4.0» как такое «сельское хозяйство, которое

интегрирует ряд инноваций для производства сельскохозяйственной продукции. Эти инновации охватывают Интернет вещей (IoT), беспилотные летательные аппараты (БПЛА), искусственный интеллект (ИИ) и блокчейн для достижения большей эффективности производства» [1]. Для характеристики «Сельского хозяйства 4.0» используется несколько терминов, обозначающих внедрение цифровых технологий в сельскохозяйственный сектор и используемых по аналогии с термином «Индустрия 4.0»: «цифровое сельское хозяйство», «умное земледелие» и «умное сельское хозяйство».

Индустрия 4.0 значительно трансформирует сельское хозяйство благодаря новым технологиям. Так, Интернет вещей позволяет в режиме реального времени отслеживать и управлять условиями окружающей среды и сельскохозяйственными ресурсами, такими как ирригация и качество почвы, с помощью интеллектуальных датчиков и беспроводных сетей. БПЛА улучшают картографирование полей, мониторинг сельскохозяйственных культур и целенаправленное применение пестицидов и удобрений. Искусственный интеллект с помощью методов глубокого обучения улучшает прогнозирование урожайности, болезней растений, обнаружение сорняков и классификацию культур за счет анализа обширных данных со спутниковых снимков и датчиков. Наконец, Big Data и блокчейн повышают отслеживаемость и устойчивость в цепочке поставок сельскохозяйственной продукции [2]. Такая технологическая интеграция обладает потенциалом для повышения эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства, одновременно способствуя более точному управлению ресурсами.

Китай одним из первых среди стран БРИКС приступил к полномасштабной цифровой трансформации своего аграрного сектора, причем на государственном уровне. В китайском «Документе № 1» – первом официальном программном документе, ежегодно выпускаемом в новом году и традиционно посвященном сельским вопросам, уже начиная с 2018 года особо подчеркивалась важность обеспечения продовольственной безопасности и развития сельских районов посредством смещения методов ведения сельского хозяйства в сторону цифровизации, интеллекта и экологической устойчивости.

Следует заметить, что к цифровизации национальной экономики в целом в КНР приступили гораздо раньше, чем к цифровой трансформации АПК – еще в начале 2010 гг. [3] В результате, по данным «Глобального индекса цифровизации 2024»,

Китай, находящийся на 8 месте из 77 стран рейтинга, значительно обогнал остальные страны БРИКС (Бразилия на 40 месте, ЮАР на 43 месте, Индия – на 48 месте, РФ в рейтинге не участвовала).

Для исследования представляет интерес Инициатива КНР «Цифровая деревня», о начале которой Центральное правительство Китая объявило в начале 2020 года [4]. Хорошим примером реализации является бренд Lishui Shangeng в провинции Чжэцзян. Бренд объединяет 977 компаний, сельскохозяйственных кооперативов и семейных ферм, которые занимаются производством продукции в девяти основных отраслях, включая съедобные грибы, чай, фрукты, овощи, традиционную китайскую медицину, домашний скот, масло камелии, побеги бамбука и рыбалку. Lishui Shangeng имеет систему стандартов сертификации и систему управления прослеживаемостью. Фирменная фермерская продукция упаковывается с QR-кодом, который содержит всю информацию о продукции, от производственной зоны до логистических деталей.

Цифровизация сельского хозяйства Китая ускорилась во время пандемии COVID-19, когда фермеры стали снимать видеоролики о своей продукции, общаться с потребителями через онлайн-платформы (такие, как, к примеру, Pinduoduo), сервисы которых позволяют быстро реагировать на изменение запросов клиентов.

Часть исследователей цифровой трансформации аграрного сектора Китая [5] связывают ее реализацию не только с экономическими перспективами, но и с возможностью роста экологизации производственных процессов, с формированием «зеленой» экономики, что очень актуально для КНР. С 2015 года Китай реализует различные стратегии и меры по поддержке «зеленого», устойчивого развития сельского хозяйства, обеспечивая прочную институциональную поддержку. Несмотря на эти усилия, «зеленое» развитие сельского хозяйства во многих провинциях остается недостаточным, со значительными региональными диспропорциями, которые требуют разрешения конфликта между сельскохозяйственным развитием и ограниченностью ресурсов, в чем как раз и способна помочь цифровизация.

В Индии, где сельское хозяйство является жизненно важным источником средств к существованию в условиях растущего населения, применение цифровых технологий продемонстрировало значительные результаты. Система интенсификации рисоводства в Бихаре повысила продуктивность риса за счет улучшения посадки, управления водными ресурсами и органических методов,

что привело к повышению урожайности, сокращению потребления воды и повышению устойчивости к экстремальным погодным явлениям. Засухоустойчивое внедрение сельскохозяйственных культур в Махараштре в сочетании со сбором дождевой воды привело к повышению урожайности в периоды нехватки воды, что повысило продовольственную безопасность. Инициативы в области агролесоводства в штате Андхра-Прадеш, связанные с совмещением культур, способствовали повышению урожайности, улучшению здоровья почвы и увеличению источников дохода. Внедрение интегрированной борьбы с вредителями в Гуджарате с упором на естественных хищников и биологический контроль улучшило здоровье урожая, снизило воздействие на окружающую среду и повысило устойчивость к вредителям. В штате Одisha исследования и внедрение устойчивых к изменению климата сортов сельскохозяйственных культур привели к повышению урожайности, снижению уязвимости к климатическим стрессам и повышению общей производительности сельского хозяйства [6].

Бразилия является сельскохозяйственным центром и мировым лидером в производстве нескольких сельскохозяйственных культур, включая сою, кофе, кукурузу и сахарный тростник. Тем не менее такая позиция на протяжении многих лет сказывалась на экологической устойчивости страны, что приводило к вырубке лесов, закислению почвы, потере биоразнообразия и другим экологическим проблемам [7]. В последнее время в сельском хозяйстве Бразилии сложился новый технологический уклад, заключающийся в интенсификации использования цифровых технологий на различных этапах производства.

Цифровое сельское хозяйство в Бразилии развивается благодаря использованию приложений, разработанных Agtechs (начинающими компаниями, специализирующимися на сельском хозяйстве). Приложения для умного сельского хозяйства имеют пять основных функций: управление и планирование; орошение с помощью удаленного оборудования и мониторинг; биологический контроль и процессы, включая борьбу с вредителями, методы посадки и применение удобрений; доступ к информации о ценах на сельскохозяйственную продукцию на национальном и международном рынках; и коммерциализация (рынок). Однако анализ, выполненный V. Mendes и E. Viola в [8, с. 214], свидетельствует о том, что, в то время как некоторые высокотехнологичные отрасли АПК внедрили цифровые технологии для повышения производительности,

в основной массе фермеры пренебрегают возможностями «Сельского хозяйства 4.0». Более того, за исключением нескольких мелких фермеров с высоким уровнем капитализации, цифровое сельское хозяйство совершенно не реально для большинства семейных фермерских хозяйств Бразилии, особенно тех, которые расположены в северных и северо-восточных регионах.

Сельскохозяйственный сектор ЮАР является основой экономики страны, внося значительный вклад в продовольственную безопасность, занятость и доходы от экспорта. Несмотря на рост показателей, сельское хозяйство страны сталкивается с рядом проблем, среди которых: растущие производственные затраты, связанные с ростом цен на основные ресурсы (удобрения, топливо и пестициды); энергетический кризис; узкие места в логистике: неэффективность портов и транспортных сетей препятствует потоку сельскохозяйственного экспорта; изменчивость климата и непредсказуемые погодные условия, в том числе надвигающаяся угроза Эль-Ниньо. Как следствие, цифровые технологии, позволяющие снизить остроту данных угроз, играют все более важную роль в сельском хозяйстве ЮАР. На данный момент Южная Африка сосредоточилась в основном на точном земледелии, которое включает в себя беспилотные летательные аппараты, искусственный интеллект и дистанционные датчики для мониторинга состояния посевов, что способствует повышению урожайности и более эффективному использованию ресурсов.

На сегодняшний день очевидно, что цифровая трансформация выходит за рамки просто технологического инструмента: она представляет собой всеобъемлющую, систематическую и сложную технологическую революцию и отраслевые инновации, которые охватывают цифровое мышление, элементы данных и цифровые технологии [9]. Положительное влияние цифровизации на развитие сельского хозяйства может быть реализовано только когда цифровая экономика достигнет стадии, при которой будут внедрены интенсивные методы ведения сельского хозяйства, а темпы роста совокупной факторной производительности, усиленные цифровыми технологиями, превысят темпы роста вводимых факторов.

Обобщение значительного количества различных аналитических источников и статистической информации позволило выявить ряд общих ограничений цифровой трансформации АПК стран БРИКС. К ним относятся:

- *Сложность внедрения.* По своей природе цифровые технологии являются ис-

ключительно сложными системами, в них встраиваются датчики, платформы анализа данных и инфраструктуры связи. Большинство ферм в странах БРИКС не обладают соответствующими знаниями и опытом для самостоятельного решения таких задач.

- *Необходимость регулярного обслуживания и обновления.* Датчики, устройства Интернета вещей и программное обеспечение, на котором работают данные цифровые технологии, постоянно нуждаются в обновлении, чтобы сделать их информацию точной. Неисправные устройства могут предоставлять неверные данные, что приведет к неправильным решениям или повлияет на работу фермы.

- *Сопротивление внедрению технологий.* Традиционные методы ведения сельского хозяйства настолько глубоко укоренились во многих областях, что некоторые фермеры будут сопротивляться внедрению новых технологий.

- *Отсутствие специалистов.* Аналогичным образом, для развертывания и обслуживания цифровых систем требуются люди с продвинутыми знаниями в области анализа данных, Интернета вещей, облачных вычислений и искусственного интеллекта. Нехватка квалифицированного персонала может привести к неэффективному внедрению, неадекватному использованию или даже принятию неправильных решений в результате неправильной интерпретации данных.

- *Высокий финансовый риск.* Чрезвычайно высокие первоначальные инвестиции в создание и внедрение цифровых технологий и постоянные расходы на их обслуживание, модернизацию и облачные сервисы непостоянны в финансовом отношении для большинства сельхозтоваропроизводителей.

- *Плохой доступ к высокоскоростному интернету.* Большинство сельских районов нуждаются в лучшем доступе к надежному высокоскоростному интернету.

- *Перегрузка данными и плохое управление.* Цифровые технологии генерируют большие объемы данных, и ферма без надлежащего управления данными и аналитики может быть не в состоянии действовать на основе такой информации. Неправильная интерпретация приведет к неправильным решениям, которые негативно скажутся на общей производительности ферм.

- *Угрозы кибербезопасности.* Незаконный доступ к данным и системам фермы может привести к сбоям в работе или даже краже, что может угрожать безопасности фермы.

- *Зависимость от технологий.* Чрезмерное использование цифровых технологий

подразумевает меньше человеческих наблюдений и интуитивных решений. Фермеры могут стать зависимыми от технологий. В этом и заключается одна из проблем: если система технически неисправна или произойдет кибератака, сельскохозяйственные операции могут быть полностью нарушены, что повлияет на производство.

- *Ограниченная персонализация для небольших фермерских хозяйств.* Цифровые технологии являются большим подспорьем для крупных предприятий, но на небольших фермах зачастую такие системы не очень хорошо подходят для обеспечения полной настройки под их конкретные потребности, что приводит к неэффективности использования технологий.

- *Проблемы интеграции.* Большинство ферм используют как устаревшие системы, так и новейшие технологии; следовательно, интеграция между программным обеспечением для управления фермой и сенсорными платформами останется проблематичной и, следовательно, потребует дальнейших инвестиций в использование совместимых технологий.

- *Технологический сбой.* Если произойдет сбой в работе любой из технических комплектующих, таких как датчики или любой другой элемент, включая потерю связи, возникнут неверные данные, которые могут означать отключение систем и, следовательно, повлиять на работу фермы.

Часть перечисленных проблем решается при помощи государственной политики. Некоторые барьеры (такие как отсутствие квалифицированного персонала и относительно высокие затраты на реализацию) могут быть преодолены за счет тесного сотрудничества между фермерами, исследователями и поставщиками технологий. Слияние технологического прогресса с практическими, специфичными для региона решениями позволит лучше интегрировать цифровые технологии в АПК, обеспечить рост и устойчивость отрасли.

Заключение

Цифровая трансформация отрасли играет важную роль в ускорении перехода к более устойчивым сельскохозяйственным системам посредством сокращения использования производственных ресурсов, минимизации затрат и сохранения окружающей среды. С помощью цифровых технологий происходит модернизация сельскохозяйственного сектора, сохраняются природные ресурсы, стимулируются предпринимательские инновации.

Основными препятствиями для внедрения являются высокие первоначальные

затраты и затраты на техническое обслуживание, небольшой размер фермы и отсутствие поддержки со стороны производителей и правительств. Азиатские фермеры, как правило, используют на своих фермах датчики, GPS или технологии IoT. В процессе внедрения цифровых технологий они сталкиваются с препятствиями из-за меньшей склонности к риску, страха неудачи и нехватки информации. Тем не менее более образованные и молодые фермеры с большей вероятностью внедряют эти технологии независимо от страны их происхождения.

Переход к новейшей концепции «Сельское хозяйство 5.0» предполагает интеграцию передовых технологий в области биоинформатики, геномики, микробиома, фенотипирования, изменчивости почвы и погоды, автоматического оборудования, экосистемных услуг, климата, эконометрического анализа, внедрения технологий «цифровых двойников» и других. Однако переход к данным технологиям, способным в корне изменить саму аграрную отрасль, невозможен без решения вышеобозначенных задач.

Список литературы

1. Santos Valle S., Kienzle J. Agriculture 4.0-Agricultural Robotics and Automated Equipment for Sustainable Crop Production. FAO: Rome. Italy, 2020. 40 p.
2. Fasciolo B., Panza L., Lombardi F. Exploring the Integration of Industry 4.0 Technologies in Agriculture: A Comprehensive Bibliometric Review // Sustainability. 2024. Vol. 16. P. 8948. DOI: 10.3390/su16208948.
3. Авдокушин Е.Ф., Ван Жуй. Цифровизация села в Китае // Мир новой экономики. 2021. 15(4). С. 6-15. DOI: 10.26794/2220-6469-2021-15-4-6-15.
4. Li J., Peng Z. Impact of Digital Villages on Agricultural Green Growth Based on Empirical Analysis of Chinese Provincial Data // Sustainability. 2024. Vol. 16. P. 9590. DOI: 10.3390/su16219590.
5. Fu L., Min J., Luo C., Mao X., Liu Z. The Impact of Digitalization on Agricultural Green Development: Evidence from China's Provinces // Sustainability. 2024. Vol. 16. P. 9180. DOI: 10.3390/su16219180.
6. Balyan S., Jangir H., Tripathi S.N., Tripathi A., Jhang T., Pandey P. Seeding a Sustainable Future: Navigating the Digital Horizon of Smart Agriculture // Sustainability. 2024. Vol. 16. P. 475. DOI: 10.3390/su16020475.
7. Pivoto D., Waquil P. D., Talamini E., Pauletto C., Finocchio S., Dalla Corte V. F., De Vargas Mores G. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil // Information Processing in Agriculture. 2018. Vol. 5. P. 21-32. DOI: 10.1016/j.inpa.2017.12.002.
8. Mendes V., Viola E. Green Digitalization? Agriculture 4.0 and the Challenges of Environmental Governance in Brazil // Sustainability Challenges of Brazilian Agriculture. 2023. Vol. 64. 444 p. P. 207-226. DOI:10.1007/978-3-031-29853-0_11.
9. Mazwane S., Makhura M., Ginige A. The Extent and Patterns of Digitalization in Proactive Land Acquisition Strategy (PLAS) Farms in South Africa // Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 2024. Vol. 12(10). P. 1635-1648. DOI: 10.24925/turjaf.v12i10.1635-1648.6773.