

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.10>

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ОТ ГЛОБАЛЬНОГО ДО РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ

Научная статья

Щербакова А.С.^{1,*}, Иванов В.А.², Мальцева И.С.³, Озаровская А.В.⁴

¹ ORCID : 0000-0002-7801-6091;

² ORCID : 0000-0001-9184-6172;

³ ORCID : 0000-0001-7359-6720;

⁴ ORCID : 0000-0001-8143-9282;

^{1, 2, 3, 4} Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (anita-85_07[at]mail.ru)

Аннотация

Устойчивое развитие сельского хозяйства тесно связано с применением технологий цифровизации в этой отрасли. В статье показан вклад в развитие цифровизации сельского хозяйства зарубежных и отечественных ученых. Рассмотрена эволюция развития сельского хозяйства от применения ручного труда до цифровизации сельского хозяйства. Сформировано определение «сельское хозяйство 4.0», предполагающее применение современных технологий для генерации данных и их использования в целях обработки, анализа и принятия решений. Определено понятие цифровой трансформации аграрной отрасли. Обобщен опыт внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве в развитых странах. Изучена практика цифровизации сельского хозяйства в странах Африки. Дан анализ и разработаны задачи цифровизации аграрной сферы северного региона. Показаны показатели развития цифровизации отрасли на 2022-2024 гг. Выявлены риски цифровизации сельского хозяйства, включающие выбытие из оборота земель сельскохозяйственного назначения, отток сельских жителей, неразвитость цифровой инфраструктуры, цифровое неравенство между городскими и сельскими населенными пунктами, недостаток финансовых ресурсов. Полученные результаты могут быть использованы при разработке программы цифровизации сельского хозяйства Республики Коми.

Ключевые слова: цифровизация, цифровое сельское хозяйство, зарубежный опыт цифровизации, Республика Коми, продовольственная безопасность, продовольственное самообеспечение, особенности развития, тенденции и направления развития, рыночные реформы.

DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRICULTURE: FROM GLOBAL TO REGIONAL LEVEL

Research article

Shcherbakova A.S.^{1,*}, Ivanov V.A.², Maltseva I.S.³, Ozarovskaya A.V.⁴

¹ ORCID : 0000-0002-7801-6091;

² ORCID : 0000-0001-9184-6172;

³ ORCID : 0000-0001-7359-6720;

⁴ ORCID : 0000-0001-8143-9282;

^{1, 2, 3, 4} Institute of socio-economic and energy problems of the North of the Komi Research center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Russian Federation

* Corresponding author (anita-85_07[at]mail.ru)

Abstract

Sustainable development of agriculture closely related to the application of digitalization technologies in this industry. The article shows the contribution of foreign and domestic scientists to the development of digitalization of agriculture. The evolution of agricultural development from the use of manual labor to the digitalization of agriculture is considered. The definition of "agriculture 4.0" formed, which implies the use of modern technologies for generating data and using it for processing, analysis and decision-making. The concept of digital transformation of the agricultural sector defined. The experience of introducing digital technologies in agriculture in developed countries summarized. The practice of digitalization of agriculture in African countries is studied. An analysis is given and tasks for digitalization of the agricultural sector of the northern region are developed. The indicators of digitalization development of the industry for 2022-2024 are shown. The risks of digitalization of agriculture identified, including the withdrawal of agricultural land from circulation, the outflow of rural residents, underdeveloped digital infrastructure, digital inequality between urban and rural settlements, and lack of financial resources. The obtained results can be used in developing a program for digitalization of agriculture in the Komi Republic.

Keywords: digitalization, digital agriculture, foreign experience of digitalization, Komi Republic, food security, food self-sufficiency, features, trends and directions of development, market reforms.

Введение

На современном этапе важным фактором развития аграрного сектора является его цифровизация. Она позволяет снизить риски, повысить урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животных и производительность труда, сократить затраты на производство продукции, повысить ее качество и конкурентоспособность.

Понятие «цифровизация» впервые появилась в конце 1990-х гг. В России цифровизация началась в 2010-е гг. с принятием ряда законодательных актов. Среди зарубежных ученых, внесших вклад в развитие цифровизации сельского хозяйства, можно выделить А.К. Sam, S.S. Grobbelaar [1], М. Kenney, Y. Serhan, G. Trystram [2], V. Lezoche, J.E. Hernandez, V. Diaz, Н. Panetto, J. Kasprzyk [3], L. Oliveira b E.L. Cardoso [4].

В России цифровизация началась в 2010-е гг с принятием ряда законодательных актов. В нашей стране проблемы цифровизации сельского хозяйства и создание цифровых платформ исследовали Т.Н. Астахова, М.О. Колбанев [5], А.С. Сибиряев [6], В.М. Володин, И.А. Надькина [7]. А.И. Костяев, В.Н. Суворцев, А.Л. Ронжин [8], М.Н. Дудин, С.В. Шкодинский, А.Н. Анищенко [9], С. Монахов, Н. Уколова [10], Е.В. Жилина, А.А. Никитина, Э.В. Дубинина [11] и др.

Целью статьи является исследование практики цифровизации сельского хозяйства в зарубежных странах и ее применения в России.

Эволюция развития сельского хозяйства

Развитие сельскохозяйственного производства на всем протяжении истории опиралось на промышленные технологии, которые постепенно преобразовывали аграрные технологии от применения ручного труда и архаичных орудий до тракторов, минеральных удобрений, пестицидов и улучшенных семян в процессе «зеленой революции» до технологий точного земледелия. В последней четверти XX века широкое распространение получили компьютеры и интернет, облачные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). В дополнение к точному земледелию, использующему мониторинг урожайности, систему наведения, GPS и внесение переменной нормы веществ, начались разработка и внедрение сельскохозяйственных роботов, искусственного интеллекта, дронов. Значительное развитие получают технические исследования, обеспечивающие возможность использования достижений в области Интернета вещей (IoT), роботов, искусственного интеллекта (AI), анализа больших данных (BDA), облачных вычислений для продвижения долгосрочных решений развития сельскохозяйственной отрасли.

Зарубежные исследователи отмечают ориентацию «сельского хозяйства 4.0» на технологии и отсутствие человеческого фактора в интеграции цифровых технологий [12]. Дальнейшее развитие и интеграция цифровых технологий будет осуществлено в «сельском хозяйстве 5.0» для повышения энергоэффективности [13] и в целом эффективности сельскохозяйственного бизнеса, использования преимуществ экономического роста для улучшения качества человеческих и природных ресурсов, уделяя приоритетное внимание устойчивому развитию [14]. Также существует точка зрения по которой «сельское хозяйство 5.0» представляет собой совершенно новую аграрную парадигму, воплощающую концепцию устойчивости на практике, в которой людям будет отдан приоритет перед машинами, объединены технологии, человеческие, социальные ресурсы и культурные ценности для достижения целей устойчивого развития (рис. 1).

Зарубежные исследователи отмечают, что к настоящему времени не сформулировано принятых исследователями определений «сельского хозяйства 4.0», «умного сельского хозяйства, «цифрового сельского хозяйства» [15]. Для характеристики глубоких технологических изменений, определяемых революцией в промышленности (и носящих определение «промышленность 4.0»), исследователи также используют категорию «сельское хозяйство 4.0», которое можно охарактеризовать как эволюцию точного земледелия, реализуемую посредством автоматизированного сбора, интеграции и анализа данных с полей, датчиков оборудования и других сторонних источников. При этом формируется индустриальная сельскохозяйственная экосистема с управлением фермами и полями в режиме реального времени, высокой степенью автоматизации и интеллектуальным принятием решений на основе цифровых данных [16]. Термин «агропродовольствие 4.0» используется как аналог термина «сельское хозяйство 4.0» и происходит от концепции «промышленность 4.0» [17]. «Сельское хозяйство 4.0» также определяется как «умное сельское хозяйство», которое использует стратегию, передовые сельскохозяйственные технологии и аналитику данных для улучшения задач управления фермерским хозяйством. Интегрируя технологии «промышленности 4.0», «умное сельское хозяйство» достигает устойчивых результатов, таких как повышение производительности, сохранение ресурсов и сокращение выбросов углерода [18]. «Умное сельское хозяйство» расширяет концепцию точного земледелия, поскольку задачи управления и принятия решений на основе данных расширяются за счет осознания контекста, ситуации и местоположения [19].

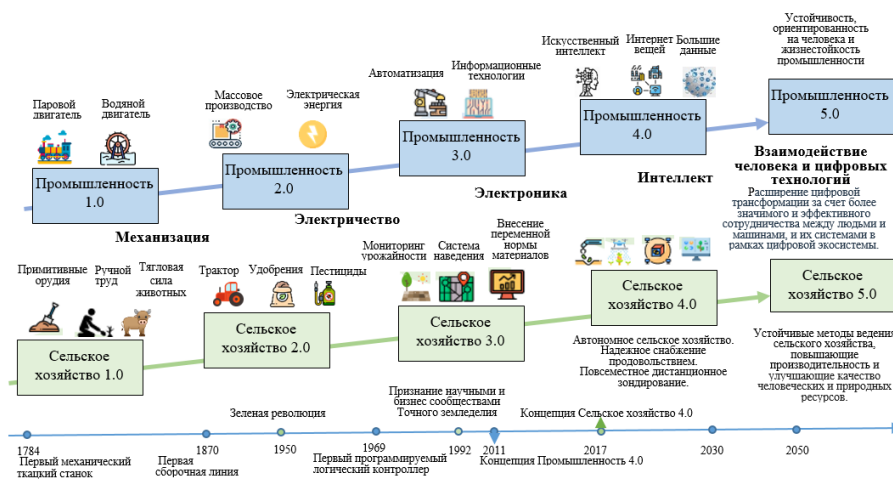


Рисунок 1 - Эволюция развития сельского хозяйства и промышленности
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.10.1>

Примечание: источник [13]

Таким образом, «умное сельское хозяйство» связано с изменением сельскохозяйственных процессов, переходом от традиционных бизнес-моделей к цифровым, а также развитием новых стратегических навыков, связанных с цифровыми технологиями, а также установлением центральной роли данных в новой парадигме для взаимодействия различных систем и участников по всей цепочке поставок сельскохозяйственной продукции. «Умное сельское хозяйство» представляет собой использование интеллектуальных, богатых данными ИКТ-услуг и приложений в сочетании с передовым оборудованием (в тракторах, теплицах и т. д.). Умное сельское хозяйство включает в себя три основные категории технологий: информационные системы управления фермой, точное земледелие, а также сельскохозяйственную автоматизацию и робототехнику [20]. Новая парадигма требует перехода к цифровой системе, конечной целью и преимуществами которой являются снижения затрат, повышение прибыльности и экологической и социальной устойчивости сельского хозяйства.

С точки зрения экономической выгоды, «сельское хозяйство 4.0» предполагает применение современных технологий для генерации данных и их использования в целях обработки, анализа и принятия решений в режиме реального времени. Эта концепция помогает оптимизировать первичное производство, цепочку поставок и логистику. Что касается социальных выгод, «сельское хозяйство 4.0» направлено на то, чтобы сделать агропродовольственные системы более устойчивыми, сократить продовольственные потери и отходы, а также повысить продовольственную безопасность, чтобы покончить с голодом и недоеданием во всем мире. Потребители не только получают доступ к безопасным, питательным и здоровым продуктам, но также будут созданы доверительные отношения между ними и аграриями/ритейлерами, способствуя социальному и экономическому росту в агропродовольственном секторе. Наконец, экологические выгоды связаны с реализацией стратегии климатической нейтральности сельскохозяйственных и продовольственных систем. Рациональное использование природных ресурсов и агрохимической продукции (удобрений, гербицидов и пестицидов) на полях, снижение выбросов парниковых газов и эффективное использование энергии предусматривают сокращение негативного воздействия на окружающую среду, а также защиту жизни и здоровья людей, животных и растений и обеспечение социального благополучия [21].

Российские ученые для характеристики процессов, определяющих революционные преобразования в экономике на основе цифровых технологий, используется термин «цифровая трансформация». Цифровая трансформация – это не только внедрение цифровых технологий, но и преобразование множества горизонтальных и вертикальных бизнес-процессов, оптимизация операционных процедур, изменение устоявшихся моделей и форматов взаимодействия между участниками цепочек создания добавленной стоимости» [22, С. 14]. Цифровая трансформация сельского хозяйства – это процесс внедрения новых информационных технологий и современных подходов к управлению в сельском хозяйстве, охватывающий все сферы деятельности [23]. Учеными подчеркивается применения информационных, «умных» технологий, обеспечивающих научно обоснованный подход к управлению традиционными процессами [24] и создание условий для интеллектуального принятия управленческих решений [25]. Ключевая роль цифровой трансформации состоит в формировании новых методов и сетей сотрудничества между подразделениями внутри и вне аграрной отрасли [26]. Российскими исследователями отмечается, что отличительной характеристикой цифровой трансформации является использование прорывных технологий, ограничивающих масштабы участия человека в производственном процессе и повышающих производительность и эффективность бизнес-операций [27].

Соглашаясь с точкой зрения L. Klerkx, E. Jakku, P. Labarthe [28], следует констатировать, что концепции цифровой трансформации сельского хозяйства, умного сельского хозяйства, цифрового сельского хозяйства, Сельского хозяйства 4.0, по своей сути выражают применение прогрессивных цифровых технологий в аграрном секторе.

Мировой опыт развития цифровой трансформации в сельском хозяйстве

Основные страны-лидеры по внедрению современных технологий в сельском хозяйстве представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Внедрение современных цифровых технологий в сельском хозяйстве

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.10.2>

| Страна | Мониторинг урожайности | GPS-картографирование | Автоматизированное вождение | Цифровые двойники | Платформа для сельскохозяйственных операций | Роботы, БПЛА, умные теплицы |
|------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|---|-----------------------------|
| США | 2005 | 2015 | 2019 | 2019 | 2007 | 2010 |
| Канада | 2007 | 2017 | 2020 | 2020 | 2008 | 2012 |
| Израиль | 2005 | 2013 | 2014 | 2020 | 2009 | 2011 |
| Нидерланды | 2013 | 2014 | 2016 | 2020 | 2010 | 2013 |
| Германия | 2000 | 2013 | 2003 | 2020 | 2007 | 2012 |
| Бразилия | 2011 | 2010 | 2010 | 2018 | 2010 | 2018 |
| Россия | 2019 | 2019 | 2019 | 2019 | 2017 | 2019 |

Примечание: составлено авторами на основании данных Департамента агропромышленной политики Евразийской экономической комиссии [29]

США занимает лидирующие позиции в цифровизации экономики, в частности во внедрении цифровых технологий в сельском хозяйстве. Государственная политика сосредоточена на разных направлениях цифровизации сельского хозяйства: точное земледелие, цифровые финансовые услуги, развитие системы учета и управления данными, расширение поддержки информационных технологий и др. США свойственна централизованная система сельскохозяйственных исследований, которая регулируется Национальным институтом продовольствия и сельского хозяйства, подведомственным Департаменту сельского хозяйства США. Институтом регулярно проводятся исследования в области цифровизации посредством предоставления грантов. Страна стабильно занимает лидирующие позиции в международных рейтингах цифровизации по различным направлениям, например, в глобальном инновационном индексе США занимают 3 место [30]. Индекс глобальной конкурентоспособности 2 [31]. Индекс сетевой готовности – 1 [32]. Основным механизмом развития сельского хозяйства является грантовая поддержка, которая реализуется через различные университеты и исследовательские институты.

В Германии реализуются различные опытные решения, например, создание «цифровых полей» и экспертных групп при Федеральном министерстве продовольствия и сельского хозяйства Германии, состоящие из представителей науки и бизнеса. Особое внимание уделяется вопросу развития цифровой инфраструктуры и покрытию доступным широкополосным интернетом сельской местности. В Индексе развития информационно-коммуникационных технологий Германия занимает 12 из 176 место [33].

С марта 2020 Федеральное министерство продовольствия и сельского хозяйства (BMEL) финансирует тестовые «цифровые поля» в агрохолдингах, создаваемых для апробирования различных цифровых технологий. Сейчас используются 14 «цифровых полей»: восемь в области растениеводства, три в животноводстве и три в междисциплинарные опытные поля (на которых в частности апробируется использование нового стандарта мобильной широкополосной связи 5G в сельском хозяйстве). Эти пробные поля представляют собой цифровые тестовые поля в агрохолдингах, которые можно использовать для проведения испытаний, например, для определения того, как лучше всего использовать цифровые технологии для защиты окружающей среды, улучшения условий содержания животных, содействия сохранению биоразнообразия и снижения рабочей нагрузки. В проекте также могут принять участие стартапы.

Главной чертой развития цифровых технологий в Израиле является междисциплинарный подход при решении проблем конкурентоспособности. Во главе инновационных исследований стоит Исследовательский центр Вулкани. В международных рейтингах цифровизации Израиль стабильно занимает высокие позиции, например, в Глобальном инновационном индексе страна находится на 15 месте из 132 стран [30].

Технологические решения, разработанные в Израиле, стали важными вехами в мировой истории развития сельского хозяйства. Например, в 1955 г израильский инженер – гидротехник Симха Блас разработал систему капельного орошения. В середине 90-х годов 20 века в исследовательских институтах Израиля под руководством профессоров Нахума Кидера и Хаима Рабиновича выведен сорт помидоров «шерри» (черри), получивший международное признание и продающийся сегодня по всему миру.

На современном этапе Израиль уделяет особое внимание развитию цифровых технологий в АПК. Digital Israel – это государственная национальная инициатива, направленная на использование потенциала цифровой революции для развития информационных и коммуникационных технологий в интересах ускорения экономического роста, сокращения социально-экономических разрывов и повышения эффективности, скорости и доступности правительства для граждан. Инновационные технологии широко внедряются во все сферы АПК Израиля. Приборы и оборудование для GPS (глобальная система навигации и определения положения) и ГИС (географические информационные системы) применяются для точного и берегающего земледелия в целях сокращения трудовых и временных ресурсов и других затрат [29].

Компания AgriTask (ScanTask) разрабатывает программное обеспечение для сельского хозяйства и работает с крупными хозяйствами, кооперативами из сотен фермеров, и агропромышленными компаниями в более чем 30 странах. Agritask — это комплексная платформа для сельскохозяйственных операций, разработанная для обеспечения принятия решений на основе фактического анализа массива данных сельскохозяйственного предприятия. Для этой задачи Agritask интегрирует широкий спектр агрономических технологий, инструментов и источников данных в один центр обработки данных, который анализирует входящие данные, количественно оценивает риски и выдает предупреждения, рекомендации и практические выводы. Источниками данных выступают датчики и оборудование, аэрофотоснимки, прогнозные данные и другое [29].

В Израиле разработана и функционирует «племенная книга» (Herdbook), которая представляет собой централизованную цифровую базу данных о молочных коровах, управляемую Израильской Ассоциацией Животноводства. Она позволяет фиксировать такие данные, как количество произведенного молока, доля содержащихся в нем веществ, качество молока, а также генетические данные и данные о способности к воспроизведению потомства и о здоровье каждой коровы страны [29].

Бразилия — одна из крупнейших аграрных держав в мире. Её основные культуры: соя, кукуруза, хлопок, кофе, сахарный тростник, табак, арахис, пшеница. Отрасль животноводства также активно развивается: на 2021 год поголовье крупного рогатого скота превышает население самой страны. Также является крупнейшим мировым производителем и экспортером целого ряда видов сырья и продовольствия (от традиционных сахара и кофе до биоэтанола и соевых бобов). При поддержке правительства Бразилии создается инновационная среда: хабы, инкубаторы, акселераторы, лаборатории умных ферм, технопарки [29].

Несмотря на высокую динамику развития бразильского агробизнеса и возрастающую роль частного сектора в сельскохозяйственных инновациях, остается еще много неиспользованного потенциала. В частности, очень сложная бизнес-среда и налоговое регулирование создают серьезные препятствия для стартапов и инновационных компаний.

Ситуация усугубляется отсутствием инвестиционного капитала, гибкости управления и квалифицированной рабочей силы. Плохая инфраструктура еще больше снижает размер прибыли сельскохозяйственных производителей, ограничивая финансовую гибкость, необходимую для инноваций.

Например, стоимость перевозки сои в Бразилии оценивается в семь раз выше, чем в США. Более широкое применение цифровых технологий в сельском хозяйстве, ограничивается высокой стоимостью развертывания IoT и датчиков. Стоимость датчиков и отсутствие возможности подключения считаются серьезными препятствиями даже для самых крупных и наиболее передовых сельскохозяйственных производителей. Только 10% из 45 тыс. тракторов и комбайнов в Бразилии были подключены к системе, однако и это несет в себе значительный потенциал роста. По этой же причине мы можем видеть низкие показатели индексов у данной страны. Еще одной причиной является внедрение технологий иностранными инвесторами на собственных сельскохозяйственных предприятиях, что не повышает уровень цифрового развития государства в целом.

В Нидерландах оптимизация производственных процессов с помощью цифровых технологий, эффективная логистика и высокая производительность труда вывели страну на лидирующие позиции в мире. Созданная «пищевая долина», идейным центром которой является Вагенингенский университет, подняли страну в мировые лидеры по экспорту продовольственной продукции и показателям в цифровых рейтингах. На протяжении последних лет экспорт голландской продукции превышает 100 млрд. долл., а в индексе сетевой готовности государство занимает 1 место [32].

Учитывая площадь, а также погодные и природные условия страна добилась больших успехов в технологиях и инновациях в сельском хозяйстве, которые по сей день способствуют увеличению производительности и экспорта голландской сельскохозяйственной продукции по всему миру [29].

Голландские теплицы по праву можно считать визитной карточкой страны в сфере растениеводства. Синергия тепличных хозяйств и цифровых технологий привели к тому, что страна размером чуть более 40 тыс. кв. м., является крупнейшим экспортером сельскохозяйственной продукции в мире. На одни помидоры в структуре экспорта Голландии приходится почти 2 млрд. долл. в год. Внедрение инновационных подходов в производстве для повышения урожайности привело к появлению некоторых из самых эффективных методов ведения сельского хозяйства в мире.

Канада – страна с процветающей экономикой, в которой находится много транснациональных корпораций, поэтому в Канаде большое количество квалифицированных ИТ-специалистов. Это является одним из факторов, который повлиял на цифровое развитие данного государства, что отразилось в международных индексах оценки уровня цифрового развития [29].

Сельское хозяйство в Канаде быстро развивается. Открытый доступ к цифровому земледелию и новым методам селекции, талантливый менеджмент и канаола – вот составляющие успеха отрасли в Канаде. Канаола (англ. Canadian Oil, Low Acid «канадское масло пониженной кислотности») — сельскохозяйственная культура, канадские сорта рапса. В стране широко применяются тракторы с GPS-навигацией. Автономный сельскохозяйственный транспорт позволяет оптимизировать количество сотрудников на предприятии. Благодаря возможности взаимодействия тракторов с автоматическим управлением и Farmers Edge фермеры могут осуществлять засев, полив и удобрение полей без непосредственного участия человека. Вся информация техника будет получать от приложения. В сельском хозяйстве также используются легкоуправляемые коптеры. С их помощью составляются карты полей и в течение всего вегетационного периода можно оценивать потребности растений в воде, удобрениях в режиме реального времени. Это позволяет экономно расходовать ресурсы и бережно относиться к окружающей среде». В отличие от спутников или самолетов, которые также делают снимки высокого разрешения, коптеры гораздо более мобильны.

В Канаде получила распространение роботизированная система, которая сажает семена по заданной схеме, эффективно увлажняет растения с учетом их возраста, вида, состава почвы и погодных условий. Робот оснащен почвенным сенсором, регистрирующим изменения обстановки, а камера обнаруживает сорняки. Роботизация помогает возделывать овощи, салаты, картофель, брокколи и паприку даже на одной грядке. Вебплатформа поддерживает возделывание 33 распространенных видов культурных растений. Программный продукт позволяет адаптировать план посадки и контролировать его исполнение.

В развитии сельского хозяйства Африки, являющейся для многих ее стран одной из основных отраслей экономики, носит внедрение современных цифровых технологий. Благодаря цифровизации аграрного сектора в период 2019-2021 гг, число цифровых платформ, используемых африканскими фермерами для получения консультационных и финансовых услуг, налаживания рыночных связей, управления цепочками поставок и доступа к экономической аналитике выросло с 390 до 461. Пользователями услуг цифровых платформ в странах Африки южнее Сахары являются более 33 млн мелких фермеров, в том числе 13% всех мелких земледельцев и животноводов (individual farmers and pastoralists) и до 45% мелких домохозяйств (farm households).

Основными направлениями развития цифровизации сельского хозяйства в Африке являются: консультационные и информационные услуги, построение рыночных связей, управление цепочками поставок, доступ к финансовым услугам, сбор и анализ данных.

В качестве инструментов консультативных и информационных услуг выступают: системы предоставления рыночной информации; модели передовых практик в сфере земледелия, животноводства и управления хозяйством; системы раннего предупреждения в виде прогнозов погоды и климатических аномалий; информационная поддержка борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур и скота; индивидуальные консультационные услуги на уровне индивидуальных фермеров и фермерских хозяйств; партисипативные платформы, где фермеры и специалисты в сфере агробизнеса обмениваются опытом и идеями; программное обеспечение для управления фермой. Такие цифровые продукты помогают фермеру принимать оптимальные решения для повышения плодородия почвы, урожайности сельскохозяйственных культур и максимизации доходов за счет снижения затрат, получения доступа на рынки сбыта и реализации продукции по лучшей цене.

Для построения рыночных связей в африканских странах используются технологии, связывающие мелких фермеров с источниками ресурсов, поставщиками техники и участниками рынка. Роль данного направления заключается в снижении транзакционных издержек внутри цепочек создания стоимости, обеспечения мелким фермерам гарантии доступа на рынок и сокращения числа посредников между фермером и покупателем.

Использование цифровых технологий в области управления цепочками поставок позволяет сделать более удобным, безопасным и эффективным взаимодействие участников агробизнеса с мелкими фермерами. Первые представлены в Африке как крупными глобальными закупщиками и переработчиками сельхозпродукции, так и национальными и региональными компаниями, а также более мелкими оптовиками, дилерами и компаниями-агрегаторами, работающими с сельскохозяйственными кооперативами и мелкими фермерами.

В рамках данного направления также развиваются цифровые инструменты в сфере логистики и обеспечения качества и защиты от подделок. Создаваемые в странах Африки цифровые логистические платформы поддерживают наблюдение за движением сельскохозяйственной продукции по всей цепочке создания стоимости и дают возможность оперативно решать проблемы, возникающие в инфраструктуре хранения и транспорта. Некоторые подобные платформы предлагают агробизнесу интегрированный пакет цифровых услуг, включающий элементы решений по контролю и сертификации продукции, а также оперативную рыночную аналитику, анализ цепочек создания стоимости и инструменты для управления мелкими фермерскими хозяйствами.

Внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве Африки сталкивается с рядом препятствий: ограниченный доступ населения к мобильной связи и Интернету; отсутствие у агробизнеса финансовых средств для развития цифровизации отрасли; отсутствие реестров фермерских хозяйств и картирования почвы, инфраструктуры для хранения цифровых агрономических данных, наблюдений за вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур и скота, сбора данных о погоде, недостаточное развитие человеческого капитала.

Трансформация сельского хозяйства на основе цифровых по мнению специалистов, может помочь значительно улучшить условия 250 млн сельских жителей континента.

Опыт передовых стран показывает, что очень важна поддержка информационно-коммуникационной инфраструктуры, без современной доступной телекоммуникационной структуры невозможно концептуальное развитие цифрового сельского хозяйства. Иными словами, доступность информационных технологий является фундаментом для построения цифровой аграрной экономики. При этом основной составляющей развитой инфраструктуры является широкополосный доступ в Интернет, который должен удовлетворять потребности сельскохозяйственных товаропроизводителей по доступным тарифам. Правительства многих стран мира рассматривают широкополосный доступ в Интернет как фундаментальную основу своих программ развития. Например, Соединенные Штаты Америки финансируют из федерального бюджета проекты по расширению доступа сельского населения к Интернету. Следует отметить, что применение цифровых технологий в сельском хозяйстве способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства посредством принятия рациональных решений на основе анализа больших данных, а также повышению результативности государственного регулирования поддержки сельского хозяйства, в том числе для обеспечения прозрачности рынков и производственно-сбытовых цепочек. Эти технологии также порождают колоссальные объемы данных, которые можно объединить с другой информацией, сохранять, анализировать и использовать для поддержки процессов принятия решений. Также «большие данные» могут содержать целый ряд информационных активов, которые можно обрабатывать и оценивать возможные последствия с учетом ряда действий и условий. Все это может стать подспорьем для планирования дальнейших мероприятий по развитию цифровизации в сельском хозяйстве.

В Республике Коми отсутствует специальная стратегия или региональная государственная программа по цифровизации сельского хозяйства. Однако была принята общая стратегия в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Республики Коми (далее Стратегия), утвержденная распоряжением Правительства РК от 19.08.2021 г. № 402-р.

Через полгода была принята Программа цифровой трансформации, куда вошел блок «Сельское хозяйство» (распоряжение Правительства Республики Коми от 26 декабря 2022 г. № 644 –р) и уровень цифровизации отрасли определяли только два показателя: доля оцифрованных земель сельскохозяйственного назначения от общей площади земель сельскохозяйственного назначения, используемых сельскохозяйственными товаропроизводителями и доля соглашений о предоставлении субсидий, заключенных в электронном виде.

Ровно через год, были внесены изменения в Программу цифровой трансформации (распоряжение Правительства Республики Коми от 26 декабря 2023 г. № 710-р), где цифровизация сельского хозяйства определялась 8 показателями:

1. Доля оцифрованных земель сельскохозяйственного назначения от общей площади земель сельскохозяйственного назначения, используемых сельскохозяйственными товаропроизводителями.
2. Доля направлений государственной поддержки в сфере сельского хозяйства, предусматривающих использование АИС.
3. Количество человек, прошедших обучение по программам, связанным с цифровыми технологиями.
4. Доля промаркированных и учтенных северных оленей от общего поголовья северных оленей в оленеводческих хозяйствах.
5. Доля промаркированных и учтенных сельскохозяйственных животных в сельскохозяйственных организациях и крестьянских фермерских хозяйствах (крупный рогатый скот).
6. Доля промаркированных и учтенных сельскохозяйственных животных в сельскохозяйственных организациях и крестьянских фермерских хозяйствах (свиньи).
7. Доля реализованного молока, отраженного в АИС «Меркурий», от общего объема просубсидированной продукции в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах.
8. Доля исполнения показателей цифровой стратегии АО «Птицефабрика Зеленецкая».

Региональным Министерством сельского хозяйства и потребительским рынком были разработаны задачи цифровизации сельского хозяйства: обеспечение учета земель сельскохозяйственного назначения в единой автоматизированной системе; создание единой цифровой площадки в целях сокращения бумажного документооборота и сроков предоставления государственной поддержки; обеспечение отрасли высококвалифицированными кадрами, обладающими цифровыми компетенциями; расширение сферы применения автоматизированных систем учета сельскохозяйственных животных, электронной сертификации и обеспечения прослеживаемости продукции при ее производстве, обороте и перемещении по территории Российской Федерации; повышение уровня цифровизации основных производственных процессов в АПК и ее защита.

В рамках каждой поставленной задачи были разработаны проекты развития отрасли:

1. «Автоматизация учета земель сельскохозяйственного назначения». Цель – определить потенциал использования земель сельскохозяйственного назначения до 2024 г. для использования информационных систем учета земель;

2. «Внедрение электронного документооборота в процесс предоставления государственной поддержки, предусматривающий использование государственных информационных систем агропромышленного комплекса Республики Коми». Цель – обеспечить доступность, прозрачность, оперативность и объективность предоставления государственной поддержки до 2025 г. для автоматизации процессов предоставления государственной поддержки в сфере агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов;

3. «Содействие обучению специалистов агропромышленного и рыбохозяйственных комплексов по направлениям, связанным с цифровыми технологиями, с предоставлением доступа к специализированным образовательным программам, массовым онлайн-курсам в целях повышения их цифровой зрелости». Цель – обеспечить агропромышленный и рыбохозяйственный комплексы специалистами, прошедшими подготовку по направлениям, связанным с цифровыми технологиями до 2024 г. для повышения квалификации специалистов, указанных комплексов, по направлениям, связанным с цифровыми технологиями и предоставлением доступа к специализированным образовательным программам, массовым онлайн-курсам, повышения цифровой зрелости в отрасли;

4. «Обеспечение прослеживаемости прохождения сельскохозяйственной продукции и маркирования и учета сельскохозяйственных животных посредством применения государственной информационной системы в области ветеринарии (ФГИС «ВетИС»)). Цель – создать цифровой профиль сельскохозяйственных животных, в том числе племенных, единой информационной среды для ветеринарии, повышение биологической и пищевой безопасности до 2024 г. для маркировки и учета поголовья северных оленей, а также внедрения информационной системы и цифровых сервисов аналитики животных в сельском хозяйстве и ветеринарии и использования информационной системы, предназначенной для электронной сертификации и обеспечения прослеживаемости продукции;

5. «Применение цифровых технологий в производственных процессах с приоритетным использованием отечественного программного обеспечения». Цель – автоматизировать производственные процессы, снизить трудозатраты и риски, связанные с использованием импортного программного обеспечения в производственных процессах до 2024 г. для применения отечественного программного обеспечения в производственных процессах.

Основные показатели развития цифровизации сельского хозяйства северного региона приведены в табл. 2.

Внедрение процессов цифровизации в сельское хозяйство Республики Коми формирует ряд стратегических рисков, к самым значимым можно отнести:

- выбывание из оборота земель сельскохозяйственного назначения;
 - отток сельских жителей в связи с отставанием от уровня городской жизни и неразвитостью цифровой инфраструктуры на селе;
 - низкий уровень адаптивности производственной деятельности к новым реалиям ведения бизнеса в условиях цифровой трансформации в связи с нехваткой квалифицированного управленческого и производственного персонала.
- Внедрение проектов, направленных на цифровизацию сельского хозяйства региона, должно обеспечить:
- повышение эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения;
 - оптимизацию процессов взаимодействия с хозяйствующими субъектами, а также межведомственного путем внедрения электронного документооборота;
 - сокращение бумажного документооборота и сроков предоставления государственной поддержки;
 - обучение специалистов эффективной работе с инновационными цифровыми технологиями в отрасли;
 - контроль за перемещением сельскохозяйственных животных;
 - повышение прозрачности процедур ветеринарно-санитарных обследований и обеспечение маркирования и учета сельскохозяйственных животных, в том числе племенных;
 - прослеживаемость прохождения сельскохозяйственной продукции при ее производстве, обороте и перемещении по территории всей страны;
 - автоматизацию производственных процессов, снижение трудозатрат и рисков, связанных с использованием импортного программного обеспечения.

Таблица 2 - Показатели развития цифровизации сельского хозяйства Республики Коми за 2022-2024 годы

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.10.3>

| № | Наименование проекта | Наименование показателя | Значения показателя по годам | | |
|---|---|---|------------------------------|------|------|
| | | | 2022 | 2023 | 2024 |
| 1 | Автоматизация учета земель сельскохозяйственного назначения | Доля оцифрованных земель сельскохозяйственного назначения от общей площади земель сельскохозяйственного назначения, используемых сельскохозяйственными товаропроизводителями, % | 20 | 40 | 60 |
| 2 | Внедрение электронного документооборота в процесс предоставления государственной поддержки, предусматривающий использование государственных информационных систем агропромышленного комплекса Республики Коми | Доля направлений государственных поддержки в сфере сельского хозяйства, предусматривающих использование АИС, % | 90 | 92 | 92 |
| 3 | Содействие обучению специалистов агропромышленного и рыбохозяйственных комплексов по направлениям, связанным с цифровыми технологиями, с предоставлением доступа к специализированным образовательным | Количество человек, прошедших обучение по программам, связанным с цифровыми технологиями, чел. в год | 0 | 3 | 3 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|-----|-----|
| | программам, массовым онлайн-курсам в целях повышения их цифровой зрелости | | | | |
| 4 | Обеспечение прослеживаемости прохождения сельскохозяйственной продукции и маркирования и учета сельскохозяйственных животных посредством применения государственной информационной системы в области ветеринарии (ФГИС «ВетИС») | Доля промаркированных и учтенных северных оленей от общего поголовья северных оленей в оленеводческих хозяйствах, % | - | - | 20 |
| | | Доля промаркированных и учтенных сельскохозяйственных животных в сельскохозяйственных организациях и крестьянских фермерских хозяйствах, % | - | - | - |
| | | крупный рогатый скот, % | - | 20 | 80 |
| | | свиньи, % | - | 20 | 80 |
| | | Доля реализованного молока, отраженного в АИС «Меркурий», от общего объема просубсидированной продукции в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах, % | - | 100 | 100 |
| 5 | Применение цифровых технологий в производственных процессах с приоритетным использованием отечественного программного | Доля исполнения показателей цифровой стратегии АО «Птицефабрика Зеленецкая», % | - | 100 | 100 |

| | | | | | |
|--|-------------|--|--|--|--|
| | обеспечения | | | | |
|--|-------------|--|--|--|--|

Примечание: составлено авторами на основании материалов Министерства сельского хозяйства и потребительского рынка Республики Коми

Заключение

Развитие сельскохозяйственного производства на всем протяжении истории опиралось на внедрение достижений индустриального прогресса. Исследователи связывают цифровые аграрные технологии с четвертой промышленной революцией и отмечают их направленность именно на технологичность. Цифровая трансформация сельского хозяйства (сельское хозяйство 4.0) определяется революционными преобразованиями в аграрном секторе на основе цифровизации, перестраиванием не только производственных технологий, но и горизонтальных и вертикальных бизнес-процессов, формированием индустриальной сельскохозяйственной экосистемы, новых методов управления и сетей сотрудничества. При этом в процессе современной цифровой реконструкции не в полной мере учитываются экологические и социальные факторы. Поэтому дальнейшая динамика связана с устойчивым развитием, экономическим ростом, направленным на улучшение качества человеческих и природных ресурсов.

В рамках международного опыта поддержки развития цифровых технологий в агропромышленном комплексе наблюдается тенденция адресной поддержки предприятий в виде предоставления грантов. Вместе с тем, как показывает опыт передовых стран, фундаментально важным считается поддержка информационно-коммуникационной инфраструктуры, без современной доступной телекоммуникационной инфраструктуры невозможно концептуальное развитие цифровой отрасли в АПК. Иными словами, доступность информационных компьютерных технологий является фундаментом для построения цифровой экономики. Следует отметить, что применение цифровых технологий в сельском хозяйстве способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства посредством принятия рациональных решений на основе анализа больших данных, а также повышению результативности государственного регулирования поддержки сельского хозяйства, в том числе для обеспечения прозрачности рынков и производственно-сбытовых цепочек.

На конкретном примере региона, Республики Коми, рассмотрено текущее состояние и проблемы внедрения цифровизации в отрасль сельского хозяйства. Выявлено, что отсутствует специальная программа, направленная на цифровую трансформацию отрасли. Представленные показатели цифровизации не достигают поставленных значений из-за многогранного спектра сдерживающих факторов для внедрения цифровых технологий. В республике имеется только одно сельскохозяйственное предприятие, которое разрабатывает стратегию по цифровизации своего предприятия.

В настоящее время формируется «цифровое сельское хозяйство», которое использует технологии точного земледелия, но, кроме того, также прибегает к использованию интеллектуальных сетей и инструментов управления данными. Такие «большие данные» могут содержать целый ряд информационных активов, которые можно обрабатывать и оценивать возможные последствия с учетом ряда действий и условий. Все это может стать подспорьем для планирования дальнейших мероприятий по развитию цифровизации в сельском хозяйстве. Эти технологии также порождают колоссальные объемы данных, которые можно объединять с другой информацией, сохранять, анализировать и использовать для поддержки процессов принятия решений.

Финансирование

Работа выполнена по теме НИР «Цифровая биоэкономика северного региона: подходы и направления» (№ государственного учета 124012700509-1).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was carried out on the topic of research "Digital bioeconomics of the northern region: approaches and directions" (state accounting No. 124012700509-1)

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Sam A.K. Research Trends, Theories and Concepts on the Utilization of Digital Platforms in Agriculture: A Scoping Review / A.K. Sam, S.S. Grobbelaar // Responsible AI and Analytics for an Ethical and Inclusive Digitized Society. — Cham : Springer, 2021. — Lecture Notes in Computer Science. — Vol. 12896. — P. 85447–8.
2. Kenney M. Digitization and Platforms in Agriculture: Organizations, Power Asymmetry, and Collective Action Solutions / M. Kenney, H. Serhan, G. Trystram. — URL: <http://ssrn.com/abstract=3638547> (accessed: 21.03.2024).
3. Lezoche M. Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture / M. Lezoche, J.E. Hernandez, M. Diaz [et al.] // Computers in Industry. — 2020. — Vol. 117. — DOI: 10.1016/j.compind.2020.103187.
4. Oleveira L. Engaging stakeholders in traditional food products through dissemination knowledge and innovation based in digital platforms / L. Oleveira, E.L. Cardoso // Future of Food: Journal on Food, Agriculture & Society. — 2020. — Vol. 8, No. 4. — DOI: 10.17170/kobra-202010131946.
5. Астахова Т.Н. Модель цифрового сельского хозяйства / Т.Н. Астахова, М.О. Колбанев // International Journal of Open Information Technologies. — 2019. — Т. 12, № 7. — С. 63–69.
6. Сибиряев А.С. Цифровая трансформация и цифровые платформы в сельском хозяйстве / А.С. Сибиряев // Вестник НГИЭИ. — 2020. — № 12. — С. 96–108.

7. Володин В.М. Теоретические аспекты цифровой эпохи: этапы развития, важнейшие тенденции, необходимость создания цифровой платформы аграрно-промышленного комплекса / В.М. Володин, И.А. Надькина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. — 2020. — № 3 (55). — С. 100–112.
8. Костяев А.И. Цифровизация сельского хозяйства и органическое производство / А.И. Костяев, В.Н. Суровцев, А.Л. Ронжин // Вестник Российской академии наук. — 2021. — Т. 91, № 12. — С. 1179–1182.
9. Дудин М.Н. Цифровизация роста: будущее сельского хозяйства России в индустрии 4.0 / М.Н. Дудин, С.В. Шкодинский, А.Н. Анищенко // АПК: экономика, управление. — 2021. — № 5. — С. 25–37.
10. Монахов С. Цифровая трансформация трансферта технологий в сельском хозяйстве: создание и использование цифровых платформ / С. Монахов, Н. Уколова // АПК: экономика, управление. — 2022. — № 6. — С. 25–32.
11. Жилина Е.В. Траектория цифровой трансформации агропромышленного комплекса России / Е.В. Жилина, А.А. Никитина, Э.В. Дубинина // АПК: экономика, управление. — 2023. — № 7. — С. 54–62.
12. Bissadu K.D. Society 5.0 enabled agriculture: Drivers, enabling technologies, architectures, opportunities, and challenges / K.D. Bissadu, S. Sonko, G. Hossain // Information Processing in Agriculture. — DOI: 10.1016/j.inpa.2024.04.003.
13. Ragazou K. Agriculture 5.0: A New Strategic Management Mode for a Cut Cost and an Energy Efficient Agriculture Sector / K. Ragazou, A. Garefalakis, E. Zafeiriou [et al.] // Energies. — 2022. — Vol. 15, Is. 9. — DOI: 10.3390/en15093113.
14. Tulungen F.R. Strategic Programs to Release the Vision of Agriculture 5.0 in North Sulawesi, Indonesia to Get Much Income / F.R. Tulungen // Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal). — 2022. — Vol. 5, № 4. — P. 30247–30258. — DOI: 10.33258/birci.v5i4.7183.
15. Sponchioni G. The 4.0 Revolution in Agriculture: A Multi-Perspective Definition / G. Sponchioni, M. Vezzoni, A. Bacchetti, M. Pavesi // In Proceedings of the XXIV Summer School "Francesco Turco" – Industrial Systems Engineering Platforms. — Brescia, Italy, September 2019. — P. 143–149. — URL: <https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/1123114/564005/The%204.0%20revolution%20in%20agriculture%20-%20a%20multi-perspective%20definition.pdf> (accessed: 30.05.2024).
16. Liu Y. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges / Y. Liu, X. Ma [et al.] // IEEE Transactions on Industrial Informatics. — 2021. — Vol. 17, № 6. — DOI: 10.1109/TII.2020.30039106.
17. Lezoche M. Agri-food 4.0: A Survey of the Supply Chains and Technologies for the Future Agriculture / M. Lezoche, J.E. Hernandez, M.d.M.A. Díaz [et al.] // Computers in Industry. — 2020. — Vol. 117. — DOI: 10.1016/j.compind.2020.103187.
18. Azlan Z.H.Z. Harvesting a Sustainable Future: An Overview of Smart Agriculture's Role in Social, Economic, and Environmental Sustainability / Z.H.Z. Azlan, S.N. Junaini, N.A. Bolhassan [et al.] // Journal of Cleaner Production. — 2024. — Vol. 434. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.140338.
19. Wolfert S. A Future Internet Collaboration Platform for Safe and Healthy Food from Farm to Fork / S. Wolfert, D. Goense, C.A.G. Sorensen // In Proceedings of the Annual SRII Global Conference. — San Jose, CA, USA, April 2014. — P. 266–273. — DOI: 10.1109/SRII.2014.47.
20. Balafoutis A.T. Smart Farming Technology Trends: Economic and Environmental Effects, Labor Impact, and Adoption Readiness / A.T. Balafoutis, F.K.V. Evert, S. Fountas // Agronomy. — 2020. — Vol. 10, № 5. — DOI: 10.3390/agronomy10050743.
21. Albiero D. Agriculture 4.0: A Terminological Introduction / D. Albiero, R.L. de Paulo, J.C.F. Junior [et al.] // Revista Ciência Agronômica. — 2020. — Vol. 51 (5). — DOI: 10.5935/1806-6690.20200083.
22. Абдрахманова Г.И. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад к XXII Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская [и др.]. — Москва : Издательский дом Высшей школы экономики, 2021. — 239 с.
23. Завиваев Н.С. Нормативно-правовые аспекты цифровой трансформации сельского хозяйства / Н.С. Завиваев // Вестник НГИЭИ. — 2023. — № 9 (148). — С. 63–72.
24. Горлов И.Ф. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве / И.Ф. Горлов, Г.В. Федотова, М.И. Сложенкина [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. — 2019. — № 1 (5). — С. 28–35.
25. Петухова М.С. Теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации сельского хозяйства России: базовые понятия и этапы / М.С. Петухова, О.В. Агафонова // Аграрный вестник Урала. — 2023. — № 4 (233). — С. 79–89.
26. Погребная Н.В. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве: проблемы и перспективы / Н.В. Погребная, Д.Н. Барышева, Л.С. Ламазян и др. // Вестник Алтайской академии экономики и права. — 2022. — № 9–1. — С. 118–123.
27. Ибрагимов А.Г. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве России / А.Г. Ибрагимов, Н.Г. Платоновский, А.В. Шулдяков [и др.] // Экономика и предпринимательство. — 2022. — № 7 (144). — С. 921–926.
28. Klerkx L. A Review of Social Science on Digital Agriculture, Smart Farming and Agriculture 4.0: New Contributions and a Future Research Agenda / L. Klerkx, E. Jakku, P. Labarthe // NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences. — 2019. — Vol. 90–91. — DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315.
29. Международный опыт развития цифровизации в АПК: государственная поддержка, регулирование, практика. — URL: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsifrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka-regulirovanie.pdf> (дата обращения: 28.06.2024).
30. Global Innovation Index 2021. — URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/ru/2021/ (accessed: 28.06.2024).
31. The Global Competitiveness Report 2019. — URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf (accessed: 28.06.2024).

32. Networked Readiness Index. — URL: <https://networkreadinessindex.org/2021/> (accessed: 28.06.2024).
33. ICT Development Index. — URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2017.aspx> (accessed: 28.06.2024).
34. Digital innovation strategy for agrifood systems in Africa – Abridged version 2021–2025. — Accra. — URL: <https://openknowledge.fao.org/items/eec62ee5-a79e-4b18-a59a-7aea451fcea> (accessed: 24.07.2024).
35. The Digitalisation of African Agriculture Report 2018–2019 / M. Tsan, S. Totapally, B. Addom. — Agricultural and Food Sciences, Computer Science. — 2019. — URL: https://www.academia.edu/70307250/The_Digitalisation_of_African_Agriculture_Report_2018_2019 (accessed: 28.07.2024).
36. Пряжникова О.Н. Цифровое сельское хозяйство в Африке: основные направления развития / О.Н. Пряжникова // Экономические и социальные проблемы России. — 2023. — № 1 (53). — С. 86–100.

Список литературы на английском языке / References in English

- Sam A.K. Research Trends, Theories and Concepts on the Utilization of Digital Platforms in Agriculture: A Scoping Review / A.K. Sam, S.S. Grobbelaar // Responsible AI and Analytics for an Ethical and Inclusive Digitized Society. — Cham : Springer, 2021. — Lecture Notes in Computer Science. — Vol. 12896. — P. 85447–8.
- Kenney M. Digitization and Platforms in Agriculture: Organizations, Power Asymmetry, and Collective Action Solutions / M. Kenney, H. Serhan, G. Trystram. — URL: <http://ssrn.com/abstract=3638547> (accessed: 21.03.2024).
- Lezoche M. Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture / M. Lezoche, J.E. Hernandez, M. Diaz [et al.] // Computers in Industry. — 2020. — Vol. 117. — DOI: 10.1016/j.compind.2020.103187.
- Oliveira L. Engaging stakeholders in traditional food products through dissemination knowledge and innovation based in digital platforms / L. Oliveira, E.L. Cardoso // Future of Food: Journal on Food, Agriculture & Society. — 2020. — Vol. 8, No. 4. — DOI: 10.17170/kobra-202010131946.
- Astakhova T.N. Model' cifrovogo sel'skogo hozjajstva [Model of digital agriculture] / T.N. Astakhova, M.O. Kolbanov / International Journal of Open Information Technologies. — 2019. — Vol. 12, No. 7. — P. 63–69. [in Russian]
- Sibiryayev A.S. Cifrovaja transformacija i cifrovye platformy v sel'skom hozjajstve [Digital transformation and digital platforms in agriculture] / A.S. Sibiryayev // Vestnik NGIEI [Bulletin of NGIEI]. — 2020. — No. 12. — P. 96–108. [in Russian]
- Volodin V.M. Teoreticheskie aspekty cifrovoj jepohi: jetapy razvitija, vazhnejshie tendencii, neobhodimost' sozdaniya cifrovoj platformy agrarno-promyshlennogo kompleksa [Theoretical aspects of the digital age: stages of development, the most important trends, the need to create a digital platform for the agricultural and industrial complex] / V.M. Volodin, I.A. Nagkina // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Obshhestvennye nauki [News of Higher Educational Institutions. The Volga Region. Social Sciences]. — 2020. — № 3 (55). — P. 100–112. [in Russian]
- Kostyaev A.I. Cifrovizacija sel'skogo hozjajstva i organicheskoe proizvodstvo [Digitalization of agriculture and organic production] / A.I. Kostyaev, V.N. Surovtsev, A.L. Ronzhin // Vestnik Rossijskoj akademii nauk [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]. — 2021. — Vol. 91, No. 12. — P. 1179–1182. [in Russian]
- Dudin M.N. Cifrovizacija rosta: budushhee sel'skogo hozjajstva Rossii v industrii 4.0 [Digitalization of growth: the future of agriculture in Russia in industry 4.0] / M.N. Dudin, S.V. Shkodinsky, A.N. Anishchenko // APK: jekonomika, upravlenie [Agro-industrial Complex: Economics, Management]. — 2021. — No. 5. — P. 25–37. [in Russian]
- Monakhov S. Cifrovaja transformacija transferta tehnologij v sel'skom hozjajstve: sozdanie i ispol'zovanie cifrovyh platform [Digital transformation of technology transfer in agriculture: creation and use of digital platforms] / S. Monakhov, N. Ukolova // APK: jekonomika, upravlenie [Agro-industrial Complex: Economics, Management]. — 2022. — No. 6. — P. 25–32. [in Russian]
- Zhilina E.V. Traektorija cifrovoj transformacii agropromyshlennogo kompleksa Rossii [Trajectory of digital transformation of the agro-industrial complex of Russia] / E.V. Zhilina, A.A. Nikitina, E.V. Dubinina // APK: jekonomika, upravlenie [Agro-industrial Complex: Economics, Management]. — 2023. — No. 7. — P. 54–62. [in Russian]
- Bissadu K.D. Society 5.0 enabled agriculture: Drivers, enabling technologies, architectures, opportunities, and challenges / K.D. Bissadu, S. Sonko, G. Hossain // Information Processing in Agriculture. — DOI: 10.1016/j.inpa.2024.04.003.
- Ragazou K. Agriculture 5.0: A New Strategic Management Mode for a Cut Cost and an Energy Efficient Agriculture Sector / K. Ragazou, A. Garefalakis, E. Zafeiriou [et al.] // Energies. — 2022. — Vol. 15, Is. 9. — DOI: 10.3390/en15093113.
- Tulungen F.R. Strategic Programs to Release the Vision of Agriculture 5.0 in North Sulawesi, Indonesia to Get Much Income / F.R. Tulungen // Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal). — 2022. — Vol. 5, № 4. — P. 30247–30258. — DOI: 10.33258/birci.v5i4.7183.
- Sponchioni G. The 4.0 Revolution in Agriculture: A Multi-Perspective Definition / G. Sponchioni, M. Vezzoni, A. Bacchetti, M. Pavesi // In Proceedings of the XXIV Summer School "Francesco Turco" – Industrial Systems Engineering Platforms. — Brescia, Italy, September 2019. — P. 143–149. — URL: <https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/1123114/564005/The%204.0%20revolution%20in%20agriculture%20-%20a%20multi-perspective%20definition.pdf> (accessed: 30.05.2024).
- Liu Y. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges / Y. Liu, X. Ma [et al.] // IEEE Transactions on Industrial Informatics. — 2021. — Vol. 17, № 6. — DOI: 10.1109/TII.2020.30039106.
- Lezoche M. Agri-food 4.0: A Survey of the Supply Chains and Technologies for the Future Agriculture / M. Lezoche, J.E. Hernandez, M.d.M.A. Díaz [et al.] // Computers in Industry. — 2020. — Vol. 117. — DOI: 10.1016/j.compind.2020.103187.
- Azlan Z.H.Z. Harvesting a Sustainable Future: An Overview of Smart Agriculture's Role in Social, Economic, and Environmental Sustainability / Z.H.Z. Azlan, S.N. Junaini, N.A. Bolhassan [et al.] // Journal of Cleaner Production. — 2024. — Vol. 434. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.140338.

19. Wolfert S. A Future Internet Collaboration Platform for Safe and Healthy Food from Farm to Fork / S. Wolfert, D. Goense, C.A.G. Sorensen // In Proceedings of the Annual SRII Global Conference. — San Jose, CA, USA, April 2014. — P. 266–273. — DOI: 10.1109/SRII.2014.47.
20. Balafoutis A.T. Smart Farming Technology Trends: Economic and Environmental Effects, Labor Impact, and Adoption Readiness / A.T. Balafoutis, F.K.V. Evert, S. Fountas // *Agronomy*. — 2020. — Vol. 10, № 5. — DOI: 10.3390/agronomy10050743.
21. Albiero D. Agriculture 4.0: A Terminological Introduction / D. Albiero, R.L. de Paulo, J.C.F. Junior [et al.] // *Revista Ciência Agronômica*. — 2020. — Vol. 51 (5). — DOI: 10.5935/1806-6690.20200083.
22. Abdrakhmanova G.I. Cifrovaja transformacija otraslej: startovye uslovija i priority: doklad k XXII Aprel'skoj mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii po problemam razvitija jekonomiki i obshhestva, Moskva, 13–30 apr. 2021 g. [Digital transformation of industries: starting conditions and priorities: report to the XXII April International Scientific Conference on the problems of economic and Social development, Moscow, April 13-30, 2021] / G.I. Abdrakhmanova, K.B. Bykhovskiy, N.N. Veselitskaya [et al.]. — Moscow : Publishing House of the Higher School of Economics, 2021. — 239 p. [in Russian]
23. Zavivaev N.S. Normativno-pravovye aspekty cifrovoj transformacii sel'skogo hozjajstva [Regulatory and legal aspects of digital transformation of agriculture] / N.S. Zavivaev // *Vestnik NIIIEI* [Bulletin of the National Research Institute of Agriculture]. — 2023. — № 9 (148). — P. 63–72. [in Russian]
24. Gorlov I.F. Cifrovaja transformacija v sel'skom hozjajstve [Digital transformation in agriculture] / I.F. Gorlov, G.V. Fedotova, M.I. Slozhenkina [et al.] // *Agrarno-pishhevyje innovacii* [Agrarian and Food Innovations]. — 2019. — № 1 (5). — P. 28–35. [in Russian]
25. Petukhova M.S. Teoretiko-metodolo [Theoretical and methodological foundation of the digital transformation of agriculture in Russia: basic concepts and stages] / M.S. Petukhova, O.V. Agafonova // *Agrarnyj vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. — 2023. — № 4 (233). — P. 79–89. [in Russian]
26. Pogrebnyaya N.V. Cifrovaja transformacija v sel'skom hozjajstve: problemy i perspektivy [Digital transformation in agriculture: problems and prospects] / N.V. Pogrebnyaya, D.N. Barysheva, L.S. Lamazyan et al. // *Vestnik Altajskoj akademii jekonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]. — 2022. — No. 9–1. — P. 118–123. [in Russian]
27. Ibragimov A.G. Cifrovaja transformacija v sel'skom hozjajstve Rossii [Digital transformation in agriculture in Russia] / A.G. Ibragimov, N.G. Platonovskiy, A.V. Shuldyakov [et al.] // *Jekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship]. — 2022. — № 7 (144). — P. 921–926. [in Russian]
28. Klerkx L. A Review of Social Science on Digital Agriculture, Smart Farming and Agriculture 4.0: New Contributions and a Future Research Agenda / L. Klerkx, E. Jakku, P. Labarthe // *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*. — 2019. — Vol. 90–91. — DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315.
29. Mezhdunarodnyj opyt razvitija cifrovizacii v APK: gosudarstvennaja podderzhka, regulirovanie, praktika [International experience in the development of digitalization in agriculture: government support, regulation, practice]. — URL: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsfrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka-regulirovanie.pdf> (accessed: 28.06.2024) [in Russian]
30. Global Innovation Index 2021. — URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/ru/2021/ (accessed: 28.06.2024).
31. The Global Competitiveness Report 2019. — URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf (accessed: 28.06.2024).
32. Networked Readiness Index. — URL: <https://networkreadinessindex.org/2021/> (accessed: 28.06.2024).
33. ICT Development Index. — URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2017.aspx> (accessed: 28.06.2024).
34. Digital innovation strategy for agrifood systems in Africa – Abridged version 2021–2025. — Accra. — URL: <https://openknowledge.fao.org/items/eec62ee5-a79e-4b18-a59a-7aea451fcea> (accessed: 24.07.2024).
35. The Digitalisation of African Agriculture Report 2018–2019 / M. Tsan, S. Totapally, B. Addom. — Agricultural and Food Sciences, Computer Science. — 2019. — URL: https://www.academia.edu/70307250/The_Digitalisation_of_African_Agriculture_Report_2018_2019 (accessed: 28.07.2024).
36. Pryazhnikova O.N. Cifrovoe sel'skoe hozjajstvo v Afrike: osnovnye napravlenija razvitija [Digital agriculture in Africa: the main directions of development] / O.N. Pryazhnikova // *Jekonomicheskie i social'nye problemy Rossii* [Economic and Social Problems of Russia]. — 2023. — № 1 (53). — P. 86–100. [in Russian]