

---

## **АРХИТЕКТУРА ЦИФРОВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

---

**Маслов Никита Сергеевич**, ст. преп.

**Маслова Дарья Александровна**, ст. преп.

**Проваленова Наталья Владимировна**, д-р экон. наук

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22А, Княгинино, Россия, 606340; e-mail: j-knaginino@yandex.ru; dasha.kirilova.96@bk.ru; provalenova@list.ru

*Предмет:* в последние годы отрасль сельского хозяйства претерпела ряд существенных изменений, позволяющих повысить производительность и рентабельность сельскохозяйственных предприятий. Данные изменения вызваны тенденцией перехода на цифровые технологии, внедрение которых в сельское хозяйство должно быть комплексным. *Цель:* моделирование комплексной архитектуры цифрового сельского хозяйства, позволяющей визуализировать основные аспекты функционирования цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве. *Дизайн исследования:* объектом исследования выступают цифровые технологии, применяемые в сельскохозяйственном производстве. Исследование основано на анализе научных работ отечественных авторов, посвящённых вопросам цифровизации сельского хозяйства, статистических данных, предоставляемых Федеральной службой государственной статистики. Анализ данных позволил оценить влияние цифровых технологий на отрасль сельского хозяйства. *Результаты:* обоснована значимость применения цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве. На основе полученных данных авторами отмечается, что для достижения целостности функционирования цифрового сельскохозяйственного производства необходимо использовать архитектурный подход. Предложена интерпретация понятия «архитектура цифрового сельского хозяйства», а также разработана концептуальная модель данной архитектуры. Статистический анализ позволил оценить влияние цифровых технологий на отрасль сельского хозяйства. Полученные результаты демонстрируют, что использование цифровых технологий позволяет увеличить урожайность в среднем на 20%.

**Ключевые слова:** цифровое сельское хозяйство, архитектура цифрового сельского хозяйства, развитие сельскохозяйственной отрасли.

**DOI:** 10.17308/meps/2078-9017/2024/9/48-58

### **Введение**

Цифровая трансформация является ключевым фактором, влияющим на изменение различных отраслей экономики, в том числе и на сельское хозяйство. Она, используя возможности цифровых технологий, преобразует деятельность хозяйствующих субъектов и их бизнес-моделей, тем самым повышая их конкурентоспособность на рынке [1]. Вместе с тем, сельское хозяйство – это основной сектор, снабжающий продуктами питания людей по всему миру, вносящий большой вклад в формирование мирового ВВП. Рост населения увеличивает потребности в продовольственных товарах, что требует от отраслей сельского хозяйства модернизации и перехода на новые цифровые технологии, которые имеют решающее значение для повышения эффективности, урожайности и рентабельности сельскохозяйственных организаций [1].

Наряду с этим цифровое сельское хозяйство способствует появлению новых рабочих мест, нуждающихся в высококвалифицированных кадрах, обладающих необходимыми цифровыми компетенциями.

Важным аспектом цифровой трансформации, определяющим принципы организации и взаимодействия цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве, является формирование архитектуры цифрового сельского хозяйства. Она позволит создать интегрированную систему, объединяющую в себе разного рода цифровые технологии и оптимизированные процессы, протекающие в сельскохозяйственном производстве [2, 3].

Цифровая трансформация агропромышленного комплекса предполагает собой комплекс решений, полностью автоматизирующих производство, позволяя повысить экономическую выгоду от производства. Также к преимуществам трансформации отрасли можно отнести оптимизацию расхода как возобновляемых, так и не возобновляемых природных ресурсов [4,5].

Цифровизация аграрного производства является оптимальной стратегией устойчивого развития, позволяющей получить экономический эффект аграрного производства, повышая уровень продовольственной безопасности и уровень жизни населения страны [6,7].

Цифровые компоненты, входящие в архитектуру, обеспечат:

- автоматизацию процессов, протекающих внутри сельскохозяйственных организаций (умное производство, умный склад, автономное управление системами полива, роботизированная техника и дроны для обработки полей и т.д.);

- эффективный анализ данных, получаемых с различных типов устройств, таких как метеостанции, дроны, датчики и др., а также при помощи искусственного интеллекта, выявление тенденций, обусловленных изменением факторов, влияющих на производительность сельскохозяйственной

продукции (состояние почвы, количество удобрений, качество кормовой базы и др.);

– оптимизацию расходов на производство продукции и повышение её качества (умное орошение, поддержка температуры и влажности воздуха и т.д.);

– снижение негативного экологического воздействия за счет оптимизации распределения удобрений и пестицидов.

### **Методы и результаты исследования**

В настоящее время в современной научной литературе отсутствует единое мнение о трактовке понятия «цифровое сельское хозяйство». Существует несколько разных подходов.

Одни считают, что «цифровое сельское хозяйство – это рынок продовольствия, обеспеченный интеллектуализацией, автоматизацией и роботизацией технологических процессов на всём протяжении жизненного цикла продуктов от производства до потребления, а также развитием биотехнологий» [8].

Другие рассматривают его как способ, позволяющий автоматизировать производственные процессы за счет использования цифровой информации [9].

При этом ряд авторов предполагают эквивалентность понятия «цифровое сельское хозяйство» и «умное сельское хозяйство», отмечая, что использование инновационных решений, касающихся автоматизации сельскохозяйственной деятельности, позволит повысить урожайность и финансовые показатели предприятий отрасли [10].

В то же время в ведомственном проекте «Цифровое сельское хозяйство» дается следующее определение: «Цифровое сельское хозяйство – сельское хозяйство, базирующееся на современных способах производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия с использованием цифровых технологий (интернет вещей, робототехника, искусственный интеллект, анализ больших данных, электронная коммерция и др.), обеспечивающих рост производительности труда и снижение затрат производства» [11].

Необходимо отметить, что цифровое сельское хозяйство позволяет не только повысить рентабельность и привлечь новые инвестиции в сельское хозяйство, но и в целом меняет качество жизни сельского населения [12].

Таким образом, цифровое сельское хозяйство предполагает использование сельхозтоваропроизводителями цифровых технологий как в процессе производства, так и в реализации продукции.

Следует подчеркнуть, что сельское хозяйство представляет собой многоотраслевой комплекс, использующий широкий спектр технологий, специфичных как для отрасли животноводства, так и растениеводства. Данная специфика создает определенные трудности для внедрения универсальных цифровых технологий. Для полного перехода к концепции цифрового сель-

ского хозяйства необходимо расширить доступ к цифровым технологиям для всех участников отрасли, в том числе и малым хозяйствующим субъектам, где отсутствие доступа к таким технологиям обусловлено их высокой стоимостью. Инновационные разработки играют ключевую роль в приспособлении сельскохозяйственной отрасли к изменяющимся условиям окружающей среды, новым видам инфекций и другим вызовам.

Комплексная интеграция цифровых технологий, основанных на технологиях искусственного интеллекта и беспилотном транспорте, позволит создать новые, эффективные технологии как в животноводстве, так и в растениеводстве и других отраслях сельского хозяйства [13].

В соответствии с рекомендациями IEEE 1471–2000<sup>1</sup>, системная архитектура определяется как организация системы, выраженная через её компоненты, их взаимодействие между собой и внешней средой.

Также важность цифровизации сельскохозяйственной отрасли подчеркивают и статистические данные. Согласно исследованию Высшей школы экономики, внешние затраты на оплату услуг на внедрение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг в секторе сельского хозяйства за период 2021-2022 гг. увеличились более чем на 18%, и составили 1,9 млрд рублей [15].

Как результат, увеличилось число высокопроизводительных рабочих мест в сельском хозяйстве, а производительность труда в отрасли выросла на 8 % (рису. 1, 2).

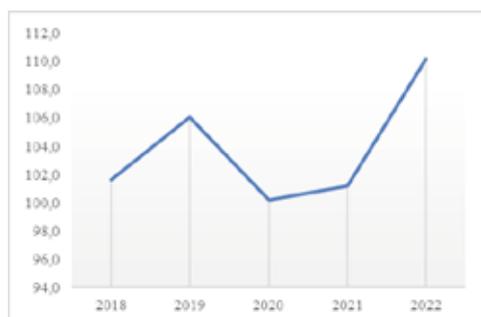


Рис. 1. Индекс производительности труда в сельском, лесном хозяйстве Российской Федерации в 2018-2022 гг. (в % к предыдущему году)

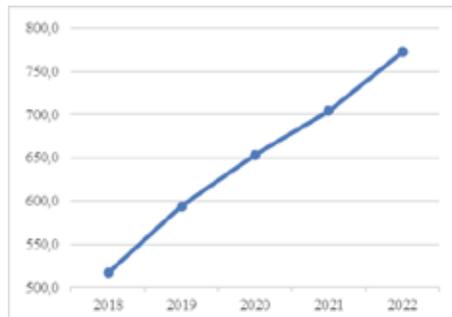


Рис. 2. Число высокопроизводительных рабочих мест в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве за 2018-2022 гг., тыс. ед.

Вместе с тем, как показала практика, применение технологии точного земледелия позволяет повысить урожайность в среднем на 15-20%, а использование технологии умных теплиц обеспечивает прирост урожая на 20-40%. Похожая ситуация наблюдается и при использовании интеллекту-

<sup>1</sup> IEEE 1471–2000 Recommended Practice for Architectural Description of Soft-ware–Intensive Systems. Доступно: <http://cabibbo.dia.uniroma3.it/ids/altrui/ieee1471.pdf>.

альных ферм, так за счет автоматизации систем надои увеличиваются в среднем до 40% [16]. Таким образом, интеграция цифровых компонентов позволит улучшить экономические показатели для отрасли сельского хозяйства.

Для отображения взаимосвязей цифровых технологий в системе сельскохозяйственного производства архитектура играет ключевую роль. В целом, архитектура должна являться иерархичной моделью, содержащей в себе различные компоненты системы и позволяющая иллюстрировать связи между различными уровнями.

В настоящее время отсутствует целостный образ архитектуры цифрового сельского хозяйства, под которой следует понимать глобальную экосистему, включающую в себя взаимодействие цифровых компонент, осуществляющих процессы управления и поддержки сельскохозяйственного производства, позволяя создавать инновационные продукты и услуги, а также повышать эффективность производства, снижая затраты на него.

Как и в любых других сложных экосистемах, цифровое сельское хозяйство должно состоять из разнообразных систем, взаимодействующих между собой. В контексте данной работы архитектура рассматривается с точки зрения технологий, применяемых в сельском хозяйстве. На рисунке 3 изображена предлагаемая архитектура цифрового сельского хозяйства, включающая в себя 4 основных компонента: поставщики услуг, уровень приложений, сетевые технологии, инфраструктура.

Нижний уровень (физический) представляет собой Инфраструктуру цифрового сельского хозяйства. Данный уровень характеризуют основные технологии, применяемые в цифровом сельском хозяйстве. В целом задача данного уровня сводится к мониторингу, сбору и обработке информации, полученной с различных видов умных устройств (датчиков, беспилотных летательных аппаратов и т.д.), и последующей передачи этой информации на следующие уровни.

Уровень сети представлен основными сетевыми технологиями. Данный уровень является связующим между физическим уровнем и уровнями приложений и сервисов посредством использования сети Интернет.

К уровню сервисов относятся так называемые поставщики услуг. Туда же включены сервисы, представляющие собой хранилища для больших объемов данных, нуждающиеся в большой вычислительной мощности, позволяющие обрабатывать данные и управлять производством.

Уровень приложений образуют программные платформы, поддерживающие основные компоненты разработки приложений на основе технологии Интернета вещей. Данные технологии могут быть применимы в различных областях сельского хозяйства, таких как мониторинг скота, мониторинг урожайности, умное орошение, умный склад и т.д. Именно эти технологии позволяют повысить производительность производства, снизить затраты и уменьшить уровень загрязнения окружающей среды. Так, экологическая

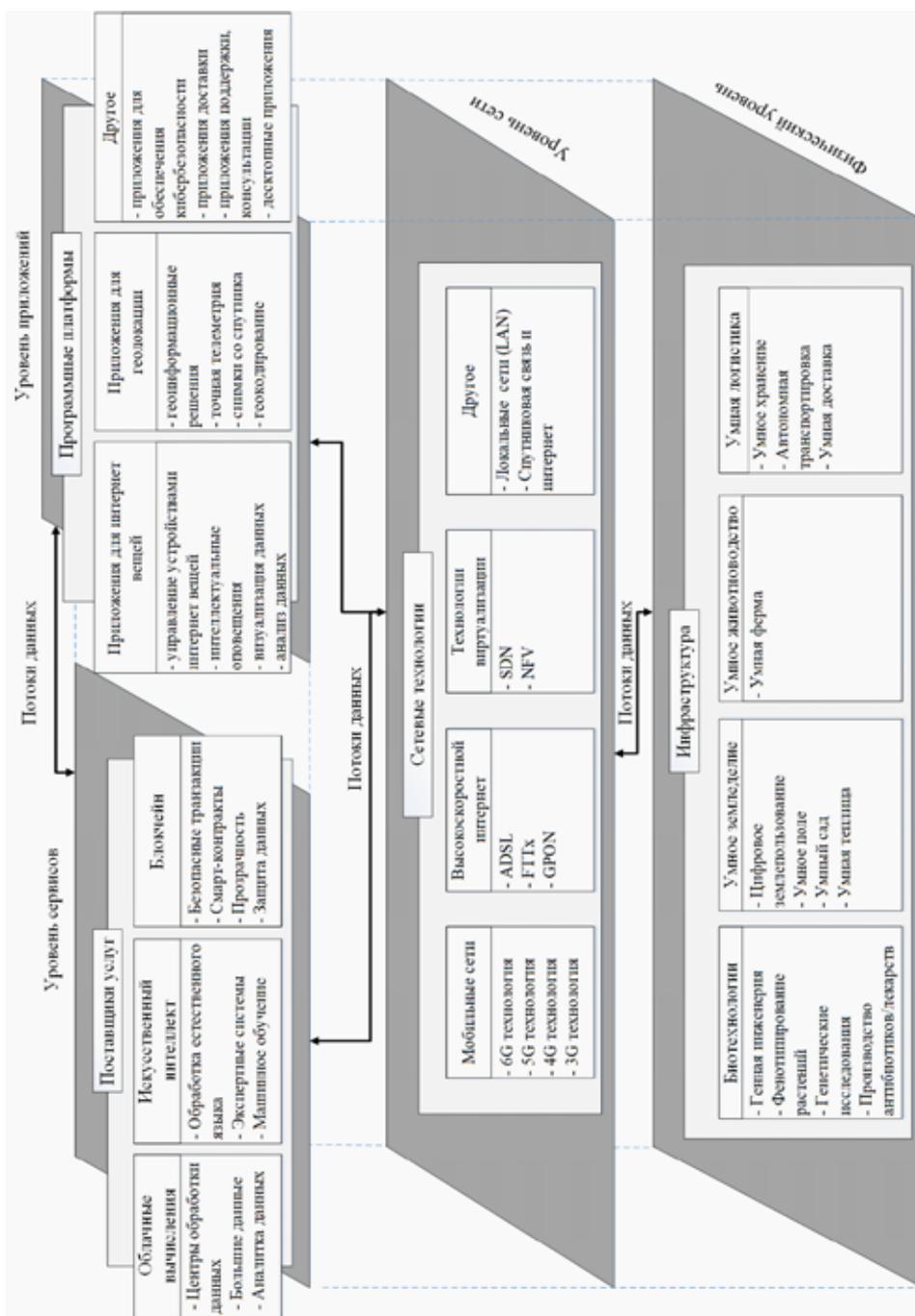


Рис. 3. Архитектура цифрового сельского хозяйства

составляющая заключается в сокращении использования ресурсов, таких как вода, удобрения и пестициды, что способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду и улучшению экосистем в сельском хозяйстве.

Многие авторы подчеркивают значимость архитектурного подхода. Так, авторы работы [17] отмечают, что в качестве инструмента интеграции

подсистем производства и цифровых технологий в единую платформу архитектурный подход является одним из наиболее эффективных решений. Основная цель такого подхода – совместить стратегию развития фермы, компании или сектора экономики в целом с полным переосмыслением деятельности, основываясь на внедрении цифровых технологий [17].

В работе [18] авторы приходят к выводу, что цифровые технологии позволяют трансформировать роль агросектора в мировой экономике, в связи с этим возрастает роль перспективных архитектурных моделей для агросистем, позволяющих повысить социально-экономический уровень сельскохозяйственной отрасли.

Построение так называемых цифровых производственных экосистем, объединяющих в себе спектр различных инновационных технологий, позволяют достичь синергического эффекта путем увеличения объемов реализуемой продукции и снижения производственных затрат. Автоматизация производства за счет внедрения цифровых платформ и экосистем с архитектурным подходом способствует повышению финансовых показателей и увеличению экономического эффекта от производства в целом [19].

Подход к внедрению концепции «цифровой агрокомпании» также предполагает создание единой архитектуры, включающей в себя бизнес-процессы, с конкретными функциями, базирующимися на цифровых технологиях. Сущность цифровой трансформации заключается в изменении стратегии и бизнес-модели предприятия, при этом внедренные цифровые компоненты должны расширять границы компаний и позволять формировать свою собственную экосистему [20].

Необходимо отметить значимость индивидуального подхода при интеграции цифровых компонентов в структуру сельскохозяйственного производства, учитывая уникальные особенности каждой сельскохозяйственной организации. Поэтому предложенная архитектура цифрового сельского хозяйства отличается от классической сетевой модели OSI из-за нелинейного характера взаимодействия внутренних компонентов. Так, например, если производство сосредоточено исключительно на животноводстве, компоненты, связанные с умным земледелием, могут быть излишними и не включаться в архитектуру.

### **Заключение**

Таким образом, стоит отметить высокую значимость использования цифровых технологий в сельскохозяйственной отрасли, открывающие новые перспективы для сельхозтоваропроизводителей в целях увеличения урожайности, снижения производственных затрат и улучшения качества производимой продукции.

Для обеспечения целостного функционирования компонентов цифрового сельского хозяйства на всех этапах жизненного цикла производства продукции необходимо применять архитектурный подход. Внедрение таких

инноваций способствует оптимизации процессов и повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Важно понимать, что в современных условиях для сельскохозяйственной отрасли цифровое сельское хозяйство является ключевым фактором развития, что требует дальнейшего совершенствования цифровых технологий не только в плане возможности их внедрения во все производственные процессы, но и доступности.

Одним из таких инструментов является архитектура цифрового сельского хозяйства, основанная на взаимодействии внутренних цифровых компонентов, позволяющая визуализировать основные аспекты функционирования системы цифрового сельского хозяйства. В то же время следует отметить, что каждый сельхозтоваропроизводитель имеет свою специфику производства, поэтому необходимо разрабатывать индивидуальные решения, учитывающие его особенности и потребности.

Таким образом, объединение цифровых технологий в одну единую систему, представляющую собой архитектуру цифрового сельского хозяйства, будет способствовать оптимизации сельскохозяйственных процессов, повышению эффективности использования ресурсов, снижению затрат на производство, улучшению качества продукции, что в свою очередь обеспечит конкурентоспособность сельхозтоваропроизводителей и дальнейшее развитие отрасли в целом.

#### Список источников

1. Астахова Т.Н. и др. Модель цифрового сельского хозяйства // *International Journal of Open Information Technologies*, 2019, Т. 7, no. 12, с. 63-69.
2. Банников С.А., Жильцов С.А., Казакова Н.В. Тенденции цифровизации и причины, обусловившие цифровой разрыв на сельских территориях // *Вестник НГИЭИ*, 2020, no. 11 (114), с. 137-149.
3. Годин В.В. и др. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // *E-Management*, 2020, т. 3, no. 1, с. 4-15.
4. Ерлыгина Е.Г., Васильева А.Д. Цифровая трансформация сельского хозяйства // *Бюллетень науки и практики*, 2020, т. 6, no. 12, с. 281-285.
5. Зацаринный А.А., Меденников В.И., Райков А.Н. Интеграция приложений искусственного интеллекта в единую цифровую платформу АПК // *Информационное общество*, 2023, no. 1, с. 127-138.
6. Зимовец А.В., Климачев Т.Д. Цифровая трансформация производства на российских предприятиях в условиях политики импортозамещения // *Вопросы инновационной экономики*, 2022, т. 12, no. 3, с. 1409-1426.
7. Кулагина Н.А., Гавричкова Я.В., Карпенко П.А. Мониторинг цифровой трансформации как условие стратегического развития региональных хозяйственных систем // *Экономические науки*, 2021, no. 203, с. 63-69.
8. Лукашенко И.В., Рудакова О.С. Цифровая экосистема агросектора: Архитектура, зерновые токены, стартапы (контекст функционального приоритета и устойчивого развития) // *Международный сельскохозяйственный журнал*, 2023, no. 5 (395), с. 479-483.
9. Максимов А.Н. и др. Проблемы и перспективы цифровой трансформации сельского хозяйства // *Цифровая трансформация сельского хозяйства: проблемы и перспективы*, 2020, с. 3-16.
10. Мигунов Р.А. Цифровые технологии в российском сельском хозяйстве // *Никоновские чтения*, 2019, no. 24, с. 362-363.
11. Норалиев Н.Х., Юсупова Ф.Э. Циф-

ровые технологии в сельском хозяйстве // *Вопросы науки и образования*, 2020, по. 8 (92), с. 4-10.

12. Сибиряев А.С., Зазимко В.Л., Додов Р.Х. Цифровая трансформация и цифровые платформы в сельском хозяйстве. *Вестник НГИЭИ*, 2020, по. 12 (115), с. 96-108.

13. Субаева А.К., Александрова Н.Р. Теория и практика цифровизации сельского хозяйства Республики Татарстан // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*, 2020, т. 15, по. 3, с. 133-138.

14. Сулимин В.В., Шведов В.В. Цифровая трансформация экономики: возможности, вызовы и перспективы в эпоху постпандемии // *Московский экономический журнал*, 2023, т. 8, по. 6.

15. Ториков В.Е. и др. Состояние цифровой трансформации сельского хозяйства // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 2020, по. 9, с. 6-13.

16. Ценжарик М.К. Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели / М.К. Ценжарик, Ю.В. Крылова, В.И. Стещенко // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 2020, т. 36, по. 3.

17. Шайтура С.В. и др. Цифровая трансформация сельского хозяйства на основе беспилотных летательных аппаратов // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 2021, по. 7, с. 174-182.

---

# DIGITAL AGRICULTURE ARCHITECTURE AS A TOOL FOR THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTION

---

**Maslov Nikita Sergeevich**, Assist. Prof.

**Maslova Daria Alexandrovna**, Assist. Prof.

**Provalenova Natalya Vladimirovna**, Dr. Sci. (Econ.)

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, st. Oktyabrskaya, 22A, Knyaginino, Russia, 606340; e-mail: j-knaginino@yandex.ru; dasha.kirilova.96@bk.ru; provalenova@list.ru

*Importance:* over the past few decades, the agricultural industry has undergone a number of significant changes to improve the productivity and profitability of agricultural enterprises. These changes are caused by the trend towards digital technologies, the use of which will help to meet the growing demand for food. At the same time, the introduction of such technologies in agriculture should be complex, including a set of digital components that interact with each other. *Purpose:* modeling the architecture of digital agriculture, which allows visualizing the main aspects of digital agricultural production functioning. *Research design:* scientific publications and statistical analysis of data were analyzed to assess the impact of digital technologies on the agricultural industry. Based on the findings, the authors note that an architectural approach should be used to achieve the integrity of the functioning of digital agricultural production. *Results:* The authors proposed an interpretation of the concept of «architecture of digital agriculture» and developed a conceptual model of this architecture. Statistical analysis of data allowed us to assess the impact of digital technologies on the agricultural sector. The results show that the use of digital technologies can increase yields by an average of 20%.

**Keywords:** digital agriculture, digital agriculture architecture, agricultural industry development.

## References

1. Astahova T.N. i dr. Model' cifrovogo sel'skogo hozjajstva. *International Journal of Open Information Technologies*, 2019, t. 7, no. 12, pp. 63-69. (In Russ.)
2. Bannikov S.A., Zhil'cov S.A., Kazakova N.V. Tendencii cifrovi-zacii i prichiny, obuslovivshie cifrovoj razryv na sel'skih territorijah. *Vestnik NGIJeI*, 2020, no. 11 (114), pp. 137-149. (In Russ.)
3. Godin V.V. i dr. Sel'skoe hozjajstvo v cifrovuju jepohu: vyzovy i reshenija. *E-Management*, 2020, t. 3, no. 1, pp. 4-15. (In Russ.)
4. Erlygina E.G., Vasil'eva A.D. Cifrovaja transformacija sel'skogo hozjajstva. *Bjulleten' nauki i praktiki*, 2020, t. 6, no. 12, pp. 281-285. (In Russ.)
5. Zacarinnyj A.A., Medennikov V.I., Rajkov A.N. Integracija prilozhenij iskusstvennogo intellekta v edinuju cifrovuju

platformu APK. *Informacionnoe obshchestvo*, 2023, no. 1, pp. 127-138. (In Russ.)

6. Zimovec A.V., Klimachev T.D. Cifrovaja transformacija proizvodstva na rossijskih predpriyatijah v uslovijah politiki importozameshhenija. *Voprosy innovacionnoj jekonomiki*, 2022, t. 12, no. 3, pp. 1409-1426. (In Russ.)

7. Kulagina N.A., Gavrichkova Ja.V., Karpenko P.A. Monitoring cifrovoj transformacii kak uslovie strategicheskogo razvitija regional'nyh hozjajstvennyh sistem. *Jekonomicheskie nauki*, 2021, no. 203, pp. 63-69. (In Russ.)

8. Lukashenko I.V., Rudakova O.S. Cifrovaja jekosistema agrosektora: Arhitektura, zernovye tokeny, startapy (konktext funkcional'nogo prioriteta i ustojchivogo razvitija). *Mezhdunarodnyj sel'skohozjajstvennyj zhurnal*, 2023, no. 5 (395), pp. 479-483. (In Russ.)

9. Maksimov A.N. i dr. Problemy i perspektivy cifrovoj transformacii sel'skogo hozjajstva. *Cifrovaja transformacija sel'skogo hozjajstva: problemy i perspektivy*, 2020, pp. 3-16. (In Russ.)

10. Migunov R.A. Cifrovye tehnologii v rossijskom sel'skom hozjajstve. *Nikonovskie chtenija*, 2019, no. 24, pp. 362-363. (In Russ.)

11. Noraliev N.H., Jusupova F.Je. Cifrovye tehnologii v sel'skom hozjajstve. *Voprosy nauki i obrazovanija*, 2020, no. 8 (92), pp. 4-10. (In Russ.)

12. Sibirjaev A.S., Zazimko V.L., Dodov R.H. Cifrovaja transformacija i cifrovye platformy v sel'skom hozjajstve. *Vestnik NGIJeI*, 2020, no. 12 (115), pp. 96-108. (In Russ.)

13. Subaeva A.K., Aleksandrova N.R. Teorija i praktika cifrovizacii sel'skogo hozjajstva Respubliki Tatarstan. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, T. 15, no. 3, pp. 133-138. (In Russ.)

14. Sulimin V.V., Shvedov V.V. Cifrovaja transformacija jekonomiki: vozmozhnosti, vyzovy i perspektivy v jepohu postpandemii. *Moskovskij jekonomicheskij zhurnal*, 2023, t. 8, no. 6. (In Russ.)

15. Torikov V.E. i dr. Sostojanie cifrovoj transformacii sel'skogo hozjajstva. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2020, no. 9, pp. 6-13. (In Russ.)

16. Cenzharik M.K. Cifrovaja transformacija kompanij: strategicheskij analiz, faktory vlijanija i modeli / M.K. Cenzharik, Ju.V. Krylova, V.I. Steshenko. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Jekonomika*, 2020, t. 36, no. 3. (In Russ.)

17. Shajtura S.V. i dr. Cifrovaja transformacija sel'skogo hozjajstva na osnove bespilotnyh letatel'nyh apparatov. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2021, no. 7, pp. 174-182. (In Russ.)