

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Научная статья

УДК 338.22.021.1

doi: 10.46845/2073-3364-2025-0-3-53-73

Цифровые проблемы развития агропромышленного комплекса России

Леонид Иванович Сергеев¹

Дмитрий Леонидович Сергеев²

Александр Владимирович Шендерюк-Жидков³

¹ ИНОТЭКУ ФГБОУ ВО "КГТУ", Калининград, Россия

² Западный филиал РАНХиГС, Калининград, Россия

³ Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, Москва, Россия

¹ doc_sergeevli@mail.ru

² sergeevd@mail.ru

³ av@sh-zh.ru

Аннотация. Рассматривается содержание ряда последних научных публикаций по проблемам цифровизации АПК. Анализируются принятые в стране нормативные положения стратегического направления цифровой трансформации отрасли. Уточнены основные принципы декомпозиции генеральной цели на подцели нижестоящего уровня. Рассмотрены примеры ранжирования целей в разных условиях функционирования сельского хозяйства и РХК. Выявлена необходимость адекватного отражения ряда задач цифровизации в соответствии со значимостью мероприятий. Проанализирована действующая структура и годовая планируемая динамика индикаторов цифровой трансформации отрасли до 2030 года. Отмечено отсутствие в некоторых стратегических направлениях цифровизации значений численных параметров. Обобщена динамика ряда показателей цифровой трансформации и выявлена их зависимость от основных показателей отрасли до 2030 года. Установлена высокая корреляционная связь планируемых показателей. Рассмотрена динамика доли показателей цифровизации, по которым не достигается стопроцентного значения к 2030 году.

Ключевые слова: Цифровая трансформация, целеполагание, декомпозиция целей, индикаторы, электронная продукция, корреляция.

Для цитирования: Сергеев Л. И., Сергеев Д. Л., Шендерюк-Жидков А. В. Цифровые проблемы развития агропромышленного комплекса России // Балтийский экономический журнал. 2025. Вып. 3(51). С. 53-73. <https://doi.org/10.46845/2073-3364-2025-0-3-53-73>

Digital Challenges in the Development of Russia's Agro-Industrial Complex

Leonid I. Sergeev¹

Dmitrij L. Sergeev²

Alexander V. Shenderyuk-Zhidkov³

¹ FGBOU VO "KSTU", Kaliningrad, Russia

² The Western branch of the RANEPa, Kaliningrad, Russia.

³ Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation, Moscow, Russia

¹ doc_sergeevli@mail.ru

² sergeevd@mail.ru

³ av@sh-zh.ru

Annotation. The content of a number of recent scientific publications on the problems of agricultural digitalization is considered. The regulatory provisions of the strategic direction of the digital transformation of the industry adopted in the country are analyzed. The basic principles of the decomposition of the general goal into subgoals of a lower level have been clarified. Examples of ranking goals in different conditions of functioning of agriculture and agriculture are considered. The need for an adequate reflection of a number of digitalization tasks in accordance with the importance of events has been identified. The current structure and annual planned dynamics of the industry's digital transformation indicators until 2030 are analyzed. The absence of numerical parameter values in some strategic directions of digitalization is noted. The dynamics of a number of indicators of digital transformation is summarized and their dependence on the main indicators of the industry until 2030 is revealed. A high correlation of the planned indicators has been established. The dynamics of the share of digitalization indicators, which do not reach one hundred percent by 2030, is considered.

Keywords. Digital transformation, goal setting, decomposition of goals, indicators, electronic products, correlation.

For citation: Sergeev L. I., Sergeev D. L., Shenderyuk-Zhidkov A. V. Digital Challenges in the Development of Russia's Agro-Industrial Complex // Baltic Economic Journal. 2025;3(51):53-73. (In Russ.). <https://doi.org/10.46845/2073-3364-2025-0-3-53-73>

Целеполагание как элемент развития экономической системы является важнейшей составляющей грамотного установления направлений и путей движения как всей системы, так и ее отдельных составляющих. В настоящий момент в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 23 ноября 2023 г. № 3309-р¹ основная цель сформулирована как "обеспечение долгосрочного и перспективного развития в области цифровой трансформации

¹ Распоряжение Правительства РФ от 23 ноября 2023 г. № 3309-р "Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года".

агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации".

На наш взгляд, генеральная (основная) цель, исходя из последних актуальных требований стратегического развития страны должна быть уточнена в следующей редакции – "обеспечение технологического лидерства в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ". Это вытекает из основных задач Распоряжение Правительства РФ от 20 мая 2023 г. № 1315-р¹. Генеральное целеполагание в такой постановке будет соответствовать общенациональному вектору технологического лидерства, на которое должны ориентироваться все отраслевые и региональные направления жизнедеятельности в стране.

В статье Олега Шендерюка, Федора Чемашкина, Станислава Ветошкина и Виктории Могилюк [1] оценивается сельское хозяйство РФ с точки зрения использования цифровых технологий, где выделяется три главных особенности, которые включают: незначительное количество мероприятий в сфере цифровизации; недостаток специалистов в сфере цифровых технологий в отраслях АПК; целевая ориентация цифровых государственных решений нацелена на контроль работы АПК, а не на развитие деятельности предприятий. Отмечено, что в США применение информационных технологий в земледелии помогло повысить урожайность на 5–10 % и уменьшить потребность в средствах производства на 15–20 %. Уровень цифровизации АПК в разных странах США составил по последним данным 75,5 %, а в РФ – 27,2 %, что указывает на отставание применения цифровых технологий в России по сравнению с ведущими экономиками мира.

В статье "Цифровизация в агропромышленном комплексе России" [2] отмечено, что в материале консалтинговой компании Strategy Partners, обнародованном 18 октября 2024 года, приводятся четыре главных тренда цифровизации российского АПК. Мы согласны с такой постановкой вопросов основных направлений цифровизации:

- Интернет вещей (IoT), что представляет специальные сенсоры, датчики, камеры и другие технические средства, которые способны отслеживать здоровье и состояние растений и животных, эффективность работы техники и пр.

- Искусственный интеллект, который является важным инструментом цифровизации. Его алгоритмы автоматически планируют и регулируют работу техники и действия сотрудников, формируют отчеты, прогнозируют ситуацию.

- Роботизация заключается в применении роботов в сельском хозяйстве РХК. Специализированные машины и оборудование могут применяться в различных сферах сельского хозяйства, таких как посев и посадка растений, уборка урожая, обслуживание складов и транспортировка грузов.

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р. "Концепция технологического развития на период до 2030 года".

– Геоаналитика как технологии помогают принимать управленческие решения на предприятиях АПК с помощью пространственных данных. Цифровые платформы позволяют прогнозировать урожайность, рассчитывать оптимальные маршруты движения и др.

Иван Иванов в своей статье [3] отмечает, что аграрии столкнулись с проблемами в цифровизации деятельности предприятий АПК. Еще мало предприятий отрасли используют цифровые технологии. Только 64 % предприятий АПК запланировали инвестиции в программную автоматизацию в 2024 г. Лидирующими сферами стали: автоматизация в сфере учета в производстве (71,4 %); бухгалтерский и налоговый учет (52,4 %); управление персоналом (47,6 %).

Материалы статьи Алексеевой С. А. [4] обобщают глобальные вызовы в сфере продовольственной и биологической безопасности, которые привели к очевидной необходимости формирования сельского хозяйства нового типа, соответствующее принципам устойчивого развития, одним из факторов которого сегодня является цифровизация. Акцентируется внимание на том, что обязательным условием достижения "цифровой зрелости" в сфере сельского хозяйства является повышение цифровой грамотности работников предприятий агропромышленного комплекса.

Статья Беляева А. С. [5] посвящена исследованию проблем и перспективам цифровой трансформации отечественного АПК. Рассматриваются барьеры на пути внедрения цифровых решений в отрасли. Исследование проведено с целью анализа текущего уровня цифровизации российского агросектора и выявления наиболее востребованных у сельхозпроизводителей цифровых решений для оптимизации бизнес процессов. Подчеркивается некоторая отсталость в сфере применения ИКТ в АПК по сравнению с другими отраслями хозяйства страны

Роль технологического прогресса при модернизации АПК в условиях цифровой трансформации рассматривается в работе Водяникова А. В. [6]. В статье представлены обобщенные направления научно-технических решений и программных продуктов, востребованные в агропромышленном комплексе с целью совершенствования его функционирования, рассмотрены направления модернизации отрасли на основе цифровизации.

Исследование в работе Володиной В. Н. [7] рассматривает цифровую экосистему агросектора как архитектуру, зерновые токены, стартапы в контексте функционального приоритета и устойчивого развития. В данной статье подробно рассмотрены проблемы цифровизации агросектора в масштабах мировой экономики на основе экосистемного подхода в контексте устойчивого развития, приведена модель архитектуры агроэкосистемы, ее элементы, финансовое взаимодействие, применение таких креативных крипторешений, как зерновые агротокены

Дибиров А. А. обобщает основы цифровой трансформации продовольственных цепей поставок. В статье [8] раскрыты сущность и содержание терминов "хозяйственные связи" и "цепи поставок" применительно к АПК. Установлены и проанализированы этапы эволюционного развития процессов информатизации и автоматизации в агробизнесе. Обоснованы институциональные условия, технические и гуманитарные предпосылки для цифровой трансформации аграрной экономики. Проведен анализ преимущества применения цифровой технологии "блокчейн" и распределённого реестра для контроля исполнения договоров по цепи поставок.

Тенденции развития робототехники для сельского хозяйства за рубежом (на примере БПЛА и беспилотных тракторов) проанализированы в исследовании Дубининой М. Г. [9]. Целью ее исследования являлся анализ развития роботизированных технологий в сельском хозяйстве и прогнозирование технических показателей отдельных видов сельскохозяйственных роботов (или агроботов). В статье авторами рассмотрены рынок агроботов в целом и его структура по отдельным видам, способы применения роботов и тенденции развития основных показателей беспилотных тракторов и БПЛА.

В статье Жилиной Е. В. [10] рассматривается траектория цифровой трансформации агропромышленного комплекса России. Авторами статьи были рассмотрены этапы промышленной революции, а также действующие программы развития и поддержки агропромышленного комплекса. В работе был изучен потенциал рынка "умного фермерства" в России, обозначены приоритеты научно технического развития, представлены результаты оценки цифровой зрелости сельскохозяйственной отрасли. Результаты роста цифровой зрелости АПК уступают темпам внедрения программных сетевых платформ в других отраслях страны.

Исследование Монахова С. В. [11] рассматривает теоретическое обоснование создания единой национальной системы трансфера технологий в контексте обеспечения технологической независимости агропромышленного комплекса. Научная новизна данного исследования заключается в авторской концепции развития системы трансфера технологий в агропромышленном комплексе на основе создания единой специализированной цифровой системы трансфера технологий, включающей несколько научно-технологических платформ, обосновании направлений перехода региональных агросистем и их адаптации к происходящим изменениям в связи с развитием цифровых технологий.

В работе Никулиной Ю. Н. [12] рассматривается эффективность цифровизации сельского хозяйства в контексте наших знаний о результатах и методах количественных исследований. В данной работе решается задача анализа и обобщения результатов имеющихся количественных исследований в базе Scopus за 2010-2022 гг., находящихся на пересечении двух тем -

"цифровизация сельского хозяйства" и "экономика". Следует отметить исследование Палаткина И. В. [13], где рассматривается реализация цифровых технологий в сельском хозяйстве и возможности их применения в крестьянских хозяйствах и сельскохозяйственных потребительских кооперативах. Для модельного сельскохозяйственного потребительского кооператива рассмотрена система спутникового мониторинга Stopwise. Внедрение данной программы уменьшает себестоимость производимой продукции, что влечет за собой увеличение прибыли фермерских хозяйств и повышение эффективности их деятельности.

Земельные отношения аграрной сферы в ракурсе методов искусственного интеллекта исследуются в статье Полуляха Ю. Г. [14]. В статье обоснована необходимость перевода земельно-оценочных процедур в режим максимальной автоматизации, которую можно обеспечить путём внедрения методов искусственного интеллекта. Предлагается создать обучающую модель расчёта земельной ренты, формирующейся в аграрном производстве на землях сельскохозяйственного назначения, которая может быть использована в рамках создаваемого в настоящее время "умного землепользования" в блоке "многоцелевой оценки пригодности земель", а также для решения ряда других проблем регионов в области земельных отношений.

В исследовании Сёмина А. Н. [15] анализируются применения систем искусственного интеллекта при борьбе с сорняками. Здесь приведены результаты отбора публикаций из международных баз цитирования по проблеме исследования. Для идентификации сорняков в основном применяются сверточные нейронные сети, в некоторых случаях в сочетании с методами машины опорных векторов, ближайшего соседа, различными классификаторами и также их ансамблями (сочетаниями). Установлено, что системы искусственного интеллекта позволяют с точностью свыше 90 % идентифицировать отдельные сорняки и их группы в посевах культурных растений.

Статья Телегина Ж. А. [16] рассматривает особенности развития "зеленой логистики" в условиях цифровизации сельского хозяйства. В статье отражены взаимосвязи между логистикой и стратегическим управлением сельскохозяйственным производством в достижении и повышении конкурентоспособности агропродовольственного сектора отечественной экономики. Определенное внимание следует уделить статье Улезько А. В. [17], где рассматривается стратегия модернизации системы информационного обеспечения сельскохозяйственных производителей. В статье система информационного обеспечения хозяйствующих субъектов представляется как совокупность информационных ресурсов и сервисов, реализующих функции удовлетворения информационных потребностей пользователей, осуществляющих деятельность в рамках общего информационного пространства.

В статье Худяковой Е. В. [18] рассматриваются методические вопросы оценки экономической эффективности внедрения цифровых инноваций в сельское хозяйство. Отмечается, что цифровые инновации все более активно применяются в российском сельском хозяйстве. Вместе с тем практически отсутствует методика определения эффекта/эффективности от внедрения цифровых технологий, которая позволяла бы учесть все эффекты цифровизации, которые не всегда носят явный характер.

Ряд проанализированных работ рассматривают практические прикладные аспекты организации процессов цифровизации сельского хозяйства, например, - Государственные системы контроля: ФГИС "Зерно", ФГИС "Сатурн", ФГИС "Меркурий", ФГИС "Семеноводство" [19]. В методической работе РАНХиГС Карташевой Н. обобщается практическая деятельность по цифровой организации трансформации в сельском хозяйстве [20]. Ведомственный проект "Цифровое сельское хозяйство": официальное издание – представлен в опубликованной Росинформагротехом работе [21].

В рассмотренных исследованиях вопросам цифровизации, на наш взгляд, уделяется недостаточное внимания проблемам стратегического целеполагания процессов трансформации на базе цифровых платформ развития АПК. Развитие форм и положений, а также механизмов использования сетевых программных платформ требует соответствующего теоретического обоснования. Поэтому обобщению данных вопросов следует уделять больше научно – прикладного внимания, что предпринято в данной статье.

Целеполагание в процессах цифровизации требует баланса между технологическими возможностями, экономической целесообразностью и долгосрочной стратегией развития АПК. Успешная цифровая трансформация начинается с чёткого определения и понимания, зачем и какие изменения нужны, каковы их цели, а уже потом — с выбора инструментов достижения этих целей. Недостаточно обоснованные целевые установки и соответствующие стратегические показатели могут иметь отрицательные последствия для развития экономической системы. Несбалансированные показатели и завышенные целевые ожидания не способствуют грамотному стратегическому развитию АПК. Поэтому система целеполагания имеет важное значение для успешного развития отрасли.

Ранжирование (декомпозиция) генеральной цели на подцели более низкого уровня (ранга) является важной дальнейшей задачей развертывания по нижестоящим уровням основной генеральной цели по подцелям, которые конкретизируют вышестоящую установку. Ранжирование экономических подцелей — это процесс определения их приоритетности в зависимости от текущих условий, стратегических задач и возможных ограничений. Ранжирование как научно – прикладной процесс работы требует системного анализа и часто основывается на экономико-математических моделях (например, cost-benefit analysis, многокритериальная оптимизация). Основные **принципы**

ранжирования (декомпозиции) генеральной цели на подцели нижестоящего уровня должны усилить акценты, на наш взгляд, на следующие обстоятельства:

1. Соответствие подцелей установкам генеральной стратегической цели развития отрасли. Это предполагает тот факт, что подцели должны быть непременно согласованы с долгосрочной генеральной целью экономической политики развития сельского хозяйства и РХК.

2. Учет временного горизонта целеполагания, что требует принимать во внимание следующие положения:

- краткосрочные приоритеты
- выделение долгосрочных стратегических целей (инновации, инвестиции в технологическую инфраструктуру), которые необходимы для ускорения устойчивого развития, достижения технологического лидерства и суверенитета функционирования сельского хозяйства и РХК.

3. Изучение и рассмотрение показателей эффективности (затраты vs результат) при решении намечаемых к реализации подцелей.

4. Постоянное рассмотрение взаимозависимости в единой системе целей и задач при построении дерева целей.

5. Следует принимать во внимание гибкость и адаптивность принимаемых показателей подцелей, что необходимо для возможной (при необходимости) корректировки их значений в объективно изменяющихся оперативных условиях.

6. Определенное внимание должно уделяться социальной и политической значимости процессов целеполагания.

7. Важным фактором направлений установления целей и задач является их количественная измеримость и возможность обеспечения контроля выполнения. Цели и подцели должны ранжироваться с четкими параметрами KPI [5, 10].

8. Декомпозиция генеральной цели как и сама генеральная цель должны учитывать необходимость рассмотрения динамического обобщения развития параметров экономической системы АПК. Следует обеспечивать выделение стратегических (долгосрочных), среднесрочных и краткосрочных показателей целеполагания и выполнения намечаемых мероприятий.

На каждом историческом этапе развития сельского хозяйства и РХК в зависимости от общего экономического состояния страны следует выделять первоочередные цели и задачи, которые необходимо декомпозировать по нижестоящим уровням решения проблем. Примерами ранжирования в разных условиях функционирования сельского хозяйства и РХК могут быть следующие последовательности декомпозиции по нижестоящим уровням целей и задач:

- период неблагоприятных условий функционирования (к примеру, введение санкций против России) должен включать следующую последовательность:

1) сохранение занятости и условий деятельности предприятий сельского хозяйства и РХК → 2) поддержка ликвидности агропромышленного и

рыбохозяйственного бизнеса → 3) сдерживание процессов банкротства и обеспечение платежеспособности агробизнеса, рыболовства и рыбоводства.

- период роста результатов хозяйственной деятельности (к примеру, успешное нивелирование государством форм анти санкционного влияния на экономику страны):

1) увеличение инвестиций в технологии в предприятия сельского хозяйства и РХК → 2) снижение неравенства процессов цифровизации предприятий сельского хозяйства и РХК → 3) повышение экологической устойчивости агробизнеса, рыболовства и рыбоводства.

Декомпозиция целей и задач цифровизации должна иметь самую широкую гамму направлений и объектов, относительно которых осуществляется целеполагание в сельском хозяйстве и РХК – машиностроение для АПК, судостроение для РХК, почвоведение, животноводство, растениеводство и другие направления деятельности. Не только отдельные отрасли, но и регионы страны, рыбохозяйственные бассейны, виды деятельности (производство, управление, продажа продукции и другие технологические воспроизводственные процессы) следует включать в единую систему (цепочку) целеполагания осуществления цифровизации сельского хозяйства и РХК.

К концу второго десятилетия XXI века Российская Федерация должна обладать следующим целевым состоянием отрасли - внедрение передовых отечественных цифровых технологий в агропромышленный и рыбохозяйственный комплексы РФ для улучшения качества жизни и условий ведения бизнеса. Рассматривая задачи стратегического направления и индикаторы цифровой трансформации отрасли¹, можно отметить, что ранжирование (декомпозиция) генеральной цели осуществлено с некоторым отклонением от принципиальных теоретических положений в сторону прикладной хозяйственной практической деятельности сельского хозяйства и РХК. Стратегические задачи зачастую носят декларативную форму такого характера как: "повысить", "усовершенствовать", "улучшить" и др. Такая ориентация имеет определенный мобилизующий целевой характер направления деятельности исходя из актуальности и важности той или иной проблемы в сфере цифровой трансформации отрасли. Но значимость и важность проблем несоразмерны по своему качественному и объемному содержанию, что не может быть равнозначным по содержанию и рангу направления целевой стратегической деятельности.

Например, целевая установка "обеспечение уровня продовольственной независимости Российской Федерации" значительно шире и объемнее, чем "достижение "индекса интеллектуальной зрелости" АПК". Обеспечение продовольственной независимости должно осуществляться многими путями в

¹ Распоряжение Правительства РФ от 23 ноября 2023 г. № 3309-р "Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года".

том числе за счет роста интеллектуальной зрелости АПК. Поэтому ставить эти два понятия на один уровень (ранг) декомпозиции генеральной цели, на наш взгляд, нецелесообразно, так как нарушается логика построения процессов целеполагания цифровизации развития отрасли. Достижение индекса интеллектуальной зрелости – это один из инструментов обеспечения уровня продовольственной независимости страны.

Поэтому первый абзац пункта 3 "Задачи" "Стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года" должен звучать, на наш взгляд так: "обеспечение уровня продовольственной независимости Российской Федерации путем достижения установленных показателей "цифровой зрелости" отрасли".

Количественные параметры целевого развития процессов цифровизации сельского хозяйства и РХК страны представлены сейчас соответствующими индикаторами стратегических направлений в области цифровой трансформации. Необходимость стратегирования подчеркивается в статье [17]. В таблице 1 представлены некоторые важные целевые индикаторы проекта "Цифровая трансформация агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ до 2030 года".

Таблица 1 - Основные стратегические направления в области цифровой трансформации "Цифровая трансформация агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ" с 2023 до 2030 года

Table 1 - Main strategic directions in the field of digital transformation "Digital transformation of the agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation" from 2023 to 2030

Показатели	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Количество основанных на технологиях искусственного интеллекта решений, задействованных в государственном секторе АПК РФ (нарастающим итогом), единиц	2	3	4	5	6	7	8	9
Доля рынка зерна и продуктов его переработки, где обеспечена прослеживаемость, %	50	55	60	65	80	100	100	100
Доля земель сельскохозяйственного назначения в цифровом формате для информирования граждан и бизнеса	54	56	58	60	62	64	66	68
Наличие цифровой информации о структуре севооборота на земельных участках, количестве и видах вносимых удобрений, %	30	40	50	60	70	80	90	100
Количество отраслевых показателей на единой цифровой платформе, тыс. единиц, %	-	-	20	50	60	70	85	100

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество видов племенных животных, для регистрации в племенном реестре, единиц	3	3	3	13	13	13	13	13
Доля отечественного программного обеспечения и компонентов, используемых в государственных информационных системах Росрыболовства, %	66	100	100	100	100	100	100	100
Доля отечественной электронной продукции, для реализации проектов цифровой трансформации АПК РФ в ее общем объеме, %	39,5	40,8	42,0	42,3	42,6	42,7	42,8	42,8

Источник. Распоряжение Правительства РФ от 23 ноября 2023 г. № 3309-р Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года

Анализируя индикаторы цифровой трансформации отрасли, можно отметить, что в общей сложности стратегия цифрового развития предусматривает наличие 20-ти основных индикаторов, которые охватывают важнейший комплекс задач по достижению конкретных трансформационных изменений целевых показателей. Значительное количество индикаторов представлено долями (удельным весом в %) целевых показателей, полученными в цифровой форме, которые должны быть достигнуты в АПК по годам к 2030 году. Таких долевых индикаторов насчитывается 16 наименований, где представлены основные показатели деятельности АПК, использующие цифровые платформы для расчета параметров и использования их в практической деятельности.

По каждому индикатору представлено краткое пояснение его интерпретации, где отражен порядок определения целевого показателя. Например, целевой индикатор "Доля государственных услуг Росрыболовства в электронном виде" интерпретируется как "индикатор указывает на долю государственных услуг Росрыболовства в электронном виде в общем числе государственных услуг Росрыболовства".

Следует отметить, что доля рынка семян и зерна с целью обеспечения прослеживаемости с помощью цифровых платформ должна быть достигнута к 2030 году в размере 100 %. Также к 100 % к 2030 году намечено достижение наличия цифровой информации о структуре севооборота, осуществляющегося на земельных участках, наличия информации о производимой на земельных участках сельскохозяйственной продукции, обеспечения возможности дистанционного определения фактически произрастающих сельскохозяйственных культур, учета количества отраслевых показателей, по которым собираются данные на единой цифровой платформе. Приняты к стопроцентному достижению задачи перевода взаимодействия Минсельхоза России и органов управления агропромышленным комплексом субъектов РФ, создание и

функционирование отраслевого центра обработки данных Минсельхоза России и работа отраслевого центра обработки данных Минсельхоза России, также создание и функционирование Ситуационного цифрового центра Минсельхоза России и Росрыболовства.

В 2030 году доля земель сельскохозяйственного назначения, содержащаяся в цифровом формате и доступная для информирования граждан и бизнеса должна достигнуть 68 %, доля российской электронной продукции, используемой при реализации проектов цифровой трансформации отраслей сельского хозяйства и рыбохозяйственных комплексов Российской - 42,8 %. Количество решений, основанных на технологиях искусственного интеллекта, задействованных в государственном секторе АПК РФ (нарастающим итогом) – всего 9 наименований. Применение ИИ, как отмечено в статье [14, 15], требует более решительного развития в агросекторе.

При этом в АПК в 2023 году создана и функционирует единая цифровая платформа агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. Этот факт отмечен как целевой индикатор, что необходимо, на наш взгляд, ориентировать на совершенствование функционирования данной цифровой платформы, а не на простую констатацию ее наличия. Судя по данным показателям стратегического развития отрасли, требуются действия по дальнейшей интенсификации усилий для наращивания темпов трансформации и внедрения цифровых технологий в хозяйственную практику АПК.

Можно отметить отсутствие в некоторых стратегических направлениях цифровизации отрасли численного выражения или несоответствия по содержанию и значимости некоторой информации, необходимой для индикативного целевого планирования деятельности отрасли. Данная проблема подчеркивается также в работе [12]. К таким показателям, к примеру относятся:

- создана и функционирует единая цифровая платформа агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов (единая цифровая платформа) – наличие каждый год (да);
- наличие информации о производимой на земельных участках сельскохозяйственной продукции (виды, урожайность, валовый сбор) и сельскохозяйственных товаропроизводителях;
- обеспечена возможность дистанционного определения фактически произрастающих сельскохозяйственных культур.

Некоторые целевые индикаторы сложно оценить по качественному содержанию запланированных мероприятий, к которым относятся:

- проведено мероприятие по развитию единой цифровой платформы в очередном финансовом году (нарастающим итогом) – каждый по одному мероприятию с 2025 года. Всего к 2030 году – 6 мероприятий;
- количество решений, основанных на технологиях искусственного интеллекта, задействованных в государственном секторе агропромышленного

комплекса РФ (нарастающим итогом) – по одному каждому году, начиная с 2023 года (2 мероприятия). Всего к 2030 году – 9 решений;

– доля отечественного программного обеспечения и компонентов, используемых в государственных информационных системах агропромышленного комплекса РФ и доля расходов Минсельхоза России на закупки и (или) аренду радиоэлектронной продукции (в том числе систем хранения данных и серверного оборудования, автоматизированных рабочих мест, программно-аппаратных комплексов, коммуникационного оборудования, систем видеонаблюдения) российского происхождения – 100 % ежегодно начиная с 2023 года.

Простое количественное перечисление мероприятий без их содержательного изложения не может быть конкретикой индикативного целевого показателя, который должен быть достигнут к 2030 году. Поэтому принятое целеполагание требует конкретизации некоторых показателей и мероприятий стратегического цифрового развития АПК. Необходимо, на наш взгляд, указывать конкретные результаты, которые дают проведенные мероприятия – согласованные экспертным сообществом конкретные целевые параметры цифровизации, количество заключенных договоров по разработке и внедрению цифровых платформ, принятое экспертным сообществом количество необходимых платформенных решений для АПК и др.

Таблица 2 - Динамика годовой планируемой валовой добавленной стоимости и объем добычи ВБР на 2025 - 2030 годы.

Table 2 - Dynamics of the annual planned gross added value and volume of fisheries products production for 2025-2030

		2025	2026	2027	2028	2029	2030
Валовая добавленная стоимость, создаваемая в сельском хозяйстве (в текущих ценах) млрд. рублей	базовый	5520,9	5708,6	5891,3	6079,8	6274,4	6551,9
	консервативный	5342	5480,9	5623,4	5769,6	5919,6	6073,5
	отношение базового к консервативному	1,033	1,041	1,047	1,071	1,06	1,079
Объем добычи (вылова) водных биологических ресурсов, тыс. тонн	базовый	5209	5126	5355	5387	5508	5500
	консервативный	5080	4950	5100	5010	5100	5150
	отношение базового к консервативному	1,025	1,036	1,050	1,075	1,080	1,068
Количество отраслевых показателей, по которым собираются данные на единой цифровой платформе АПК и РХК, тыс. единиц		20	50	60	70	85	100

Источник. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 07.02.2025 г. № 253-р. Утвердить прилагаемые изменения, которые вносятся в Стратегию развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденную распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 г. № 2567-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2022, № 38, ст. 6481; 2023, № 50, ст. 9093).

Обобщая динамику цифровой трансформации, целесообразно проанализировать связь процессов развития платформенного управления и планируемых результатов деятельности АПК [17]. В таблице 2 представлена планируемая динамика валовой добавленной стоимости и объем добычи ВБР по годам на 2025 – 2030 годы.

Консервативные показатели уступают базовым параметрам сценарного развития по годам до 2030 года как по валовой добавленной стоимости сельского хозяйства, так и по объему добычи ВБР. При этом неравномерность параметров по годам довольно значительна. По валовой добавленной стоимости, создаваемой в сельском хозяйстве – от 3,3 % (2025 год) до 7,9 % (2030 год), по объему добычи (вылова) водных биологических ресурсов – от 2,5 % (2025 год) до 7,5 % (2028 год). Такая неоднозначная годовая динамика базового и консервативного сценариев говорит о детальной не формальной проработке показателей для каждого планируемого года развития АПК, что характеризует вероятностный характер планирования.

Следует особо отметить динамику количества отраслевых показателей, по которым собираются данные на единой цифровой платформе сельского хозяйства и РХК. За 2025-2030 годы это количество должно увеличиться в 5 раз. На наш взгляд, данный рост является основным фактором ускорения цифровой трансформации, которая обеспечивает требуемое стратегическое развитие сельского хозяйства и рыболовства.

Наглядная динамика планируемых базовых годовых параметров работы АПК и количества оцифрованных показателей на 2025-2030 годы представлена на рисунке 1.

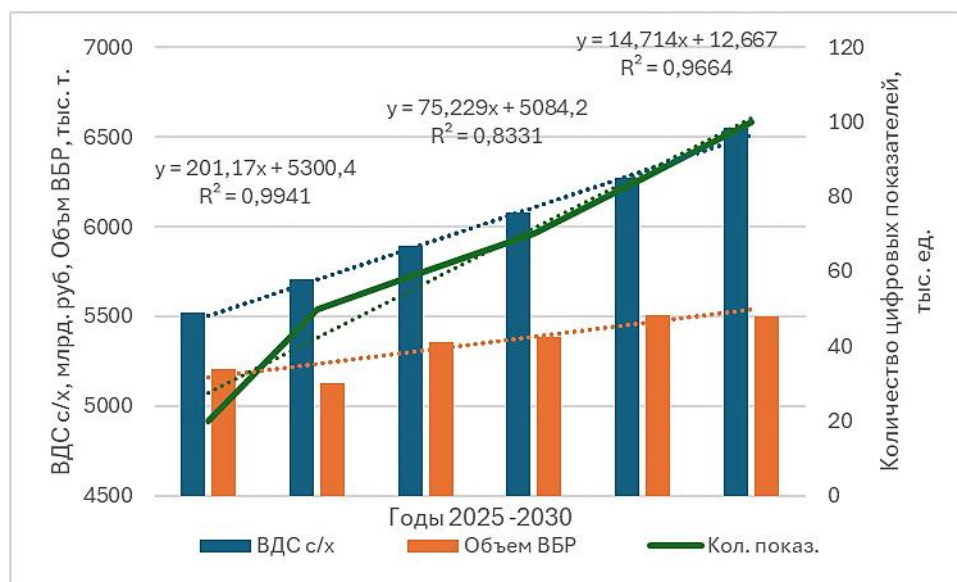


Рисунок 1 - Динамика базовых стратегических значений валовой добавленной стоимости сельского хозяйства, объема добычи ВБР и количества цифровых показателей на 2025–2030 годы

Figure 1 - Dynamics of the basic strategic values of the gross added value of agriculture, the volume of fisheries production, and the number of digital indicators for 2025-2030

Годовая динамика исследуемых стратегических показателей с высокой степенью коррелируется с увеличением горизонта годового планирования. Коэффициенты детерминации на протяжении 2025-2030 годов имеют высокое значение. Валовая добавленная стоимость сельского хозяйства – 0,9941 количество цифровых показателей – 0,8331, объем добычи ВБР – 0,9664. Это характеризует значительную связь всех процессов цифровизации с результатами деятельности АПК. При этом основной рычаг развития АПК – это ускорение цифровой трансформации отрасли во всех технологических процессах деятельности. Расширена также база данных на цифровых платформах для повышения независимости от зарубежных программных средств, анализа разнообразной углубленной статистической информации по земельным ресурсам, животноводству, ВБР, состоянию техники и технологии АПК, а также другим показателям.

Интересно проанализировать долю тех показателей цифровизации, по которым не достигается стопроцентного значения к 2030 году. К примеру, на рисунке 2 представлена зависимость двух показателей от валовой добавленной стоимости за 2025-2030 годы - доли земель сельскохозяйственного назначения, содержащаяся в цифровом формате и доступная для информирования граждан и бизнеса, а также доли российской электронной продукции, используемой при реализации проектов цифровой трансформации отраслей сельского хозяйства и рыбохозяйственного комплексов РФ, в общем объеме электронной продукции, используемой при реализации таких проектов.

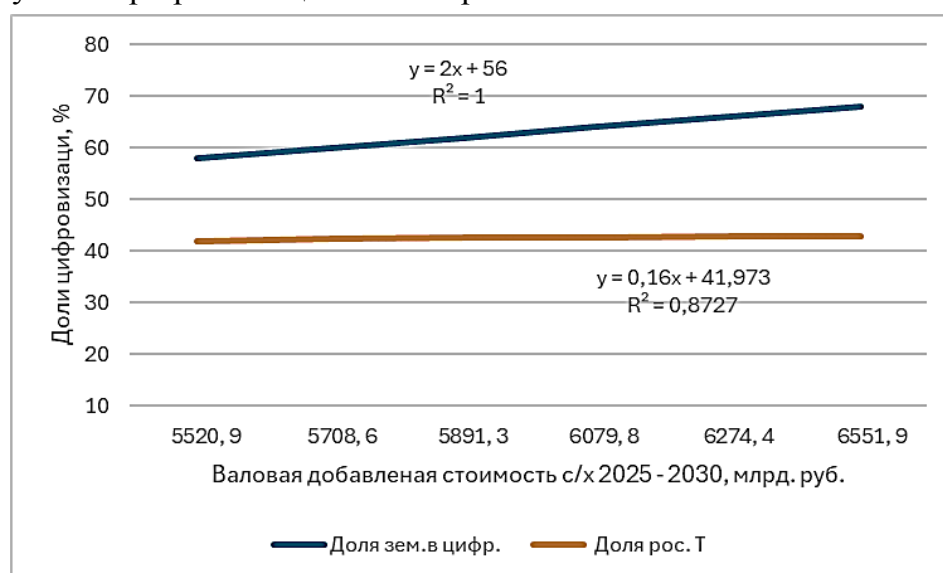


Рисунок 2 - Зависимость доли цифровизации от валовой добавленной стоимости сельского хозяйства (базовый сценарий) на 2025-2030 годы.

Figure 2 - Dependence of the share of digitalization on the gross added value of agriculture (base scenario) for 2025-2030.

Источник. Расчеты авторов

Динамика объема земельных ресурсов, содержащихся в цифровом формате и доли российской электронной продукции в общем объеме ИТ, с

валовой добавленной стоимостью имеет высокую степень корреляции. Коэффициент детерминации, соответственно 1,0 и 0,8727. Это характеризует существенную зависимость итоговых показателей (к примеру, валовой добавленной стоимости сельского хозяйства) от степени цифровизации отрасли. Однозначно можно говорить, что существенное увеличение темпов цифровизации (выше, чем назначенные на 2030 год) приведет к более быстрым темпам роста валовой добавленной стоимости сельского хозяйства.

Следует отметить, что доля российской электронной продукции, используемой при реализации проектов цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ, в общем объеме электронной продукции, используемой при реализации таких проектов, к сожалению планируется пока с учетом серьезной зависимости от иностранных программных продуктов (всего 42,8 %) к 2030 году. Рост по сравнению с 2023 годом – всего 3,3 процентных пункта, что характеризует медленную замену зарубежных цифровых продуктов отечественными аналогами. На рисунке прямая линия практически параллельна горизонтальной оси координат. С одной стороны это характеризует сложившуюся динамику замены, сложность развития собственных информационных программных платформ, а с другой стороны требует повышения амбициозности целевой постановки решительного перевода на отечественные рельсы программного обеспечения процессов цифровизации отрасли.

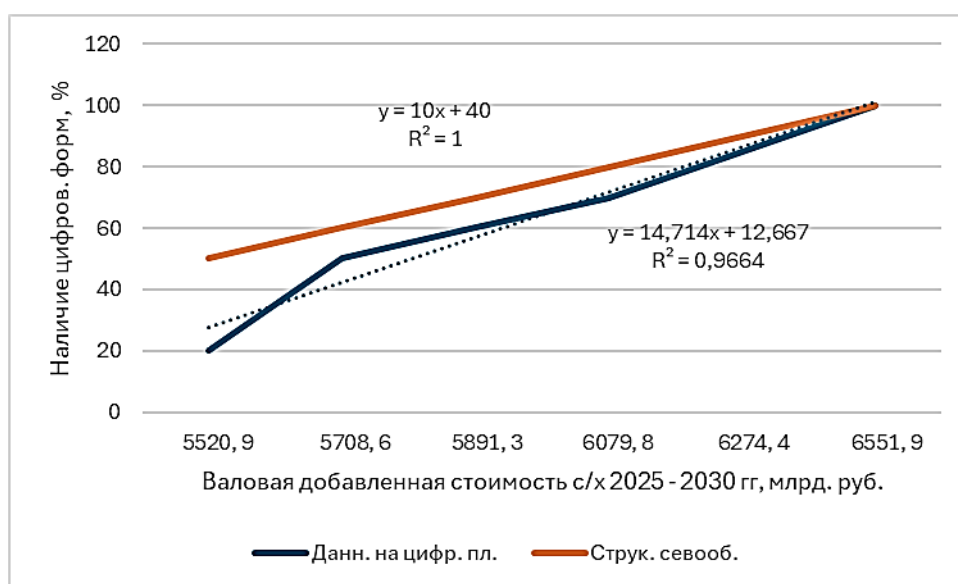


Рисунок 3 - Зависимость наличия доли цифровых форм (платформ) от валовой добавленной стоимости сельского хозяйства (базовый сценарий) на 2025-2030 годы.

Figure 3 - Dependence of the share of digital forms (platforms) on the gross value added of agriculture (base scenario) for 2025-2030.

Источник. Расчеты авторов

Интересно также рассмотреть связь ряда показателей цифровизации АПК, которые достигают стопроцентного значения к 2030 году. На рисунке 3 представлены отраслевые показатели, по которым собираются данные на единой

цифровой платформе и наличие информации о структуре севооборота, осуществляющегося на земельных участках, количестве и видах вносимых удобрений, включая азотные удобрения в зависимости от валовой добавленной стоимости сельского хозяйства (базовый сценарий) на 2025-2030 годы.

Динамика рассмотренных показателей также как выше представленные имеют высокую степень корреляции с планируемыми годами до 2030 года. Коэффициент детерминации имеет значение 1,0 и 0,9664. При этом к 2030 году величины данных параметров цифровизации достигают стопроцентного значения, что характеризует динамичное развитие процессов цифровизации показателей севооборота и базы данных на единой цифровой платформе с целью увеличения валовой добавленной стоимости сельского хозяйства страны.

Заключение

Учет предложенных и рассмотренных положений будет способствовать более грамотному целеполаганию стратегической цифровой трансформации АПК. Это позволит ускорить процессы цифровизации в АПК страны.

Список источников

1. Шендерюк О., Чемашкин Ф., Ветошкин С., Могилюк В. Цифровизация АПК России: проблемы и предлагаемые решения. Москва, 2023 г. Компания "Яков и Партнёры" - 12 с.

2. Цифровизация в агропромышленном комплексе России.
https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровизация_в_агропромышленном_комплекс_России?ysclid=m93twmgv8234308238 (дата обращения: 08.02.2025)

3. Иванов И. Аграрии столкнулись с проблемами в цифровизации отрасли АПК <https://www.comnews.ru/content/234130/2024-07-04/2024-w27/1008/agrarii-stolknulis-problemami-cifrovizacii-otrasli-apk?ysclid=m93sdw74q51946982> (дата обращения: 08.02.2025)

4. Алексеева С. А. Цифровая трансформация отраслей агропромышленного комплекса России / С. А. Алексеева, С. В. Баранова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве: научно-практический журнал. – 2022. – № 2. – С. 12–19.

5. Беляева А. С. О проблемах и перспективах цифровой трансформации отечественного АПК / А. С. Беляева, А. А. Никитина // Достижения науки и техники АПК : теоретический и научно-практический журнал. – 2023. – № 1. – С. 34–40.

6. Водяников В. Т. Роль научно-технического прогресса при модернизации АПК в условиях цифровой трансформации / В. Т. Водяников, А. В. Эдер // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий: теоретический и научно-практический журнал. – 2023. – № 9. – С. 64–68.

7. Володина В. Н. Цифровая экосистема агросектора: архитектура, зерновые токены, стартапы (контекст функционального приоритета и устойчивого развития) / В. Н. Володина, И. В. Лукашенко, О. С. Рудакова // Международный сельскохозяйственный журнал : научно-производственный журнал о достижениях мировой науки и практики в агропромышленном комплексе. – 2023. – № 5. – С. 479–483.

8. Дибиров А. А. Основы цифровой трансформации продовольственных цепей поставок / А. А. Дибиров // АПК: экономика, управление : теоретический и научно-практический журнал. – 2023. – № 1. – С. 37–47.

9. Дубинина М. Г. Тенденции развития робототехники для сельского хозяйства за рубежом (на примере БПЛА и беспилотных тракторов) / М. Г. Дубинина, В. В. Дубинина // АПК: экономика, управление : теоретический и научнопрактический журнал. – 2023. – № 9. – С. 17–29.

10. Жилина Е. В. Траектория цифровой трансформации агропромышленного комплекса России / Е. В. Жилина, А. А. Никитина, Э. В. Дубинина // АПК: экономика, управление : теоретический и научно-практический журнал. – 2023. – № 7. – С. 54–62.

11. Монахов С. В. Теоретическое обоснование создания единой национальной системы трансфера технологий в контексте обеспечения технологической независимости агропромышленного комплекса / С. В. Монахов // Экономика сельского хозяйства России : научно-производственный журнал. – 2023. – № 1. – С. 50–56.

12. Никулина Ю. Н. Эффективность цифровизации сельского хозяйства: что мы знаем о результатах и методах количественных исследований? / Ю. Н. Никулина // Экономика сельского хозяйства России: научно производственный журнал. – 2023. – № 1. – С. 57–65.

13. Палаткин И. В. Реализация цифровых технологий в сельском хозяйстве и возможности их применения в крестьянских хозяйствах и сельскохозяйственных потребительских кооперативах / И. В. Палаткин, А. Д. Урядов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве: научно-практический журнал. – 2023. – № 1. – С. 61–66.

14. Полулях Ю. Г. Земельные отношения аграрной сферы в ракурсе методов искусственного интеллекта / Ю. Г. Полулях, Л. Ю. Ададимова, Т. В. Брызгалин // АПК: экономика, управление: теоретический и научно-практический журнал. – 2023. – № 3. – С. 15–26.

15. Сёмин А. Н. Анализ исследований в области применения систем искусственного интеллекта при борьбе с сорняками / А. Н. Сёмин, Е. А. Скворцов, Е. Г. Скворцова // Экономика сельского хозяйства России : научнопроизводственный журнал. – 2023. – № 8. – С. 49–54.

16. Телегина Ж. А. Особенности развития "зеленой логистики" в условиях цифровизации сельского хозяйства / Ж. А. Телегина, К. Л. Тюгай // Экономика

сельского хозяйства России: научно-производственный журнал. – 2022. – № 9. – С. 42–48.

17. Улезько А. В. Стратегии модернизации системы информационного обеспечения сельскохозяйственных производителей / А. В. Улезько, В. В. Реймер, В. В. Реймер // Экономика сельского хозяйства России: научно-производственный журнал. – 2023. – № 10. – С. 13–17.

18. Худякова Е. В. К вопросу о методике оценки экономической эффективности внедрения цифровых инноваций в сельское хозяйство / Е. В. Худякова, М. С. Никаноров, М. Н. Степаневич // Экономика сельского хозяйства России: научно-производственный журнал. – 2023. – № 2. – С. 37–44.

19. Цифровизация сельского хозяйства. Государственные системы контроля: ФГИС "Зерно", ФГИС "Сатурн", ФГИС "Меркурий", ФГИС "Семеноводство": метод. пособие. – Оренбург: 2023. – 103 с.

20. Карташева Н. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве / Н. Карташева // Президентская Академия. Центр подготовки руководителей и команд цифровой трансформации: [сайт]. – 2023. – 15 марта. – URL: <https://cdto.work/2023/03/15/cifrovaja-transformacija-v-selskomhozjajstve/?ysclid=lpwlc8m3u155741425> (дата обращения: 08.02.2025)

21. Ведомственный проект "Цифровое сельское хозяйство": официальное издание. – М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2019. – 48 с.

References

1. Shenderyuk O., Chemashkin F., Vetoshkin S., Mogilyuk V. Digitalization of the Russian agro-industrial complex: problems and proposed solutions. Moscow, 2023. The company "Yakov and Partners" - 12 p.

2. Digitalization in the Russian agro-industrial complex. https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Digitalization_in_the_Agroindustrial_Complex__Russia?ysclid=m93twmgvb8234308238 (accessed: 02/08/2025)

3. Ivanov I. Agrarians are facing problems in the digitalization of the agricultural sector <https://www.comnews.ru/content/234130/2024-07-04/2024-w27/1008/agrarii-stolknulis-problemami-cifrovizacii-otrasli-apk?ysclid=m93sdw74q51946982> (date of request: 02/08/2025)

4. Alekseeva S. A. Digital transformation of the branches of the agro-industrial complex of Russia / S. A. Alekseeva, S. V. Baranova // Economics, labor, management in agriculture : a scientific and practical journal. - 2022. –No. 2. – pp. 12-19.

5. Belyaeva A. S. On the problems and prospects of digital transformation of the domestic agro-industrial complex / A. S. Belyaeva, A. A. Nikitina // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex : a theoretical and scientific–practical journal. – 2023. – No. 1. - pp. 34-40.

6. Vodyannikov V. T. The role of scientific and technological progress in the modernization of the agro-industrial complex in the context of digital transformation /

V. T. Vodyannikov, A. V. Eder //Economics of agricultural and processing enterprises: a theoretical and scientific-practical journal. – 2023. – No. 9. – pp. 64-68

7. Volodina V. N. The digital ecosystem of the agricultural sector: architecture, grain tokens, startups (the context of functional priority and sustainable development) / V. N. Volodina, I. V. Lukashenko, O. S. Rudakova // International Agricultural Journal : a scientific and production journal about the achievements of world science and practice in the agro-industrial complex. – 2023. – No. 5. – pp. 479-483.

8. Dibirov A. A. Fundamentals of digital transformation of food supply chains / A. A. Dibirov // Agroindustrial complex: economics, management : theoretical and scientific-practical journal. – 2023. – No. 1. – pp. 37-47.

9. Dubinina M. G. Trends in the development of robotics for agriculture abroad (using the example of UAVs and unmanned tractors) / M. G. Dubinina, V. V. Dubinina // Agroindustrial complex: economics, management : theoretical and scientific journal. – 2023. – No. 9. – pp. 17-29.

10. Zhilina E. V. Trajectory of digital transformations of the agro-industrial complex of Russia / E. V. Zhilina, A. A. Nikitina, E. V. Dubinina // Agroindustrial complex: economics, management : theoretical and scientific-practical journal. – 2023. – № 7. – pp. 54-62.

11. Monakhov S. V. Theoretical justification of the creation of a unified national technology transfer system in the context of ensuring the technological independence of the agro-industrial complex / S. V. Monakhov // Economics of agriculture in Russia : scientific and production journal. - 2023. – No. 1. – pp. 50-56.

12. Nikulina Yu. N. Efficiency of digitalization of agriculture: What do we know about the results and methods of quantitative research? / Yu. N. Nikulina // Economics of agriculture in Russia: scientific production journal. – 2023. – No. 1. – pp. 57-65.

13. Palatkin I. V. Implementation of digital technologies in agriculture and the possibility of their application in peasant farms and agricultural consumer cooperatives / I. V. Palatkin, A. D. Uryadov // Economics, labor, management in agriculture: a scientific and practical journal. – 2023. – No. 1. – pp. 61-66.

14. Polulyakh Yu. G. Land relations of the agrarian sphere from the perspective of artificial intelligence methods / Yu. G. Polulyakh, L. Y. Adadimova, T. V. Bryzgalin // Agroindustrial complex: economics, management: theoretical and a scientific and practical journal. – 2023. – No. 3. – pp. 15-26.

15. Semin A. N. Analysis of research in the field of application of artificial intelligence systems in weed control / A. N. Semin, E. A. Skvortsov, E. G. Skvortsova // Economics of agriculture in Russia : scientific and production journal. – 2023. – No. 8. – pp. 49-54.

16. Telegina Zh. A. Features of the development of "green logistics" in the context of digitalization of agriculture / J. A. Telegina, K. L. Tyugai // Economics of agriculture in Russia: scientific and production journal. – 2022. – No. 9. – pp. 42-48.

17. Ulezko A. V. Strategies for the modernization of the information support system for agricultural producers / A. V. Ulezko, V. V. Reimer, V. V. Reimer // Economics of Agriculture in Russia: a scientific and production journal. – 2023. – No. 10. – pp. 13-17.

18. Khudyakova E. V. On the issue of a methodology for assessing the economic effectiveness of introducing digital innovations in agriculture / E. V. Khudyakova, M. S. Nikanorov, M. N. Stepantsevich // Economics of agriculture in Russia: scientific and production journal. – 2023. – No. 2. – pp. 37-44.

19. Digitalization of agriculture. State control systems: FGIS "Grain", FGIS "Saturn", FGIS "Mercury", FGIS "Seed production": method. stipend. – Orenburg: 2023. – 103 p.

20. Kartasheva N. Digital transformation in agriculture / N. Kartasheva // Presidential Academy. Training Center for Managers and Digital Transformation teams: [website]. – 2023. – March 15th. – URL: <https://cdto.work/2023/03/15/cifrovaja-transformacija-v-selskomhozjajstve/?ysclid=lpwlc8m3u155741425> (accessed: 02/08/2025)

22. Departmental project "Digital Agriculture": official publication. Moscow: Rosinformagrotech, 2019, 48 p.

Информация об авторах

Л. И. Сергеев – доктор экон. наук, профессор, заслуженный экономист Российской Федерации, зав. кафедрой экономической теории и инструментальных методов ИНОТЭКУ Калининградского государственного технического университета.

Д. Л. Сергеев – канд. экон. наук, доцент Западного филиала РАНХиГС.

А. В. Шендерюк-Жидков – Сенатор Федерального Собрания Российской Федерации.

Information about the authors

L. I. Sergeev – Doctor of Economics, Professor. Honored Economist of the Russian Federation, head Department of Economic Theory and Instrumental Methods of IN-OTEKU Kaliningrad State Technical University.

D. L. Sergeev – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Western Branch of the RANEPA.

A. V. Shenderyuk-Zhidkov – Senator of the Federal Assembly of the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 06.07.2025; одобрена после рецензирования 23.08.2025; принята к публикации 02.09.2025.

The article was submitted 06.07.2025; approved after reviewing 23.08.2025; accepted for publication 02.09.2025.