pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Инновации и инвестиции

ЦИФРОВАЯ ЗРЕЛОСТЬ АГРОЭКОСИСТЕМ В МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ

DOI: https://doi.org/10.24891/npjizl
EDN: https://elibrary.ru/npjizl

Семен Николаевич КЛИМЕНКО

аспирант кафедры торгового дела и торгового регулирования, Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации (МГИМО), Москва, Российская Федерация
e-mail: semen-klimenko@yandex.ru
ORCID: 0009-0008-8497-5329
SPIN: 8158-5400

Наталия Валерьевна ЕРЕМЕЕВА

ответственный автор, кандидат технических наук, доцент, доцент, заместитель заведующего кафедрой торгового дела и торгового регулирования, Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации (МГИМО), Москва, Российская Федерация
e-mail: n.eremeeva@inno.mgimo.ru
ORCID: 0000-0002-6405-1320
SPIN: 2206-0907

История статьи:
Рег. № 755/2026
Получена 17.07.2026
Одобрена 31.07.2026
Доступна онлайн 29.10.2026

Специальность: 5.2.5

УДК 339.9 + 338.43
JEL: Q14

Ключевые слова:
цифровая платформа, цифровое сельское хозяйство, цифровая агроэкосистема, цифровая зрелость, искусственный интеллект

Аннотация

Предмет. Цифровые экосистемы агропромышленного комплекса стран мира.

Цели. Разработать теоретико-методологический подход к оценке зрелости цифровых агроэкосистем в мировой экономике, определить условия перехода от фрагментарной цифровизации к устойчивой модели цифровой агропромышленной экосистемы.

Методология. В процессе исследования использовались методы контент-анализа, сравнительного и институционального анализа, систематизации научной литературы и нормативных методик, экспертной группировки показателей.

Результаты. Предложена стадийная модель формирования цифровых экосистем АПК разных стран. Обоснована необходимость разработки методики комплексной оценки глубины цифровой экосистемы, учитывающей различные факторы. Выявлены основные барьеры перехода от фрагментарной цифровизации к экосистеме.

Выводы. От уровня зрелости цифровых агроэкосистем будет зависеть выбор финансово-кредитных механизмов для малых и средних форм сельскохозяйственных производителей в мировой и российской практике. Результаты исследования могут использоваться при разработке дорожных карт цифровизации сельского хозяйства, проектировании архитектуры цифровых экосистем и анализе проектов цифровизации по уровню зрелости.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2026

Для цитирования: Клименко С.Н., Еремеева Н.В. Цифровая зрелость агроэкосистем в мировой экономике: теоретико-методологический подход к оценке и прогнозированию // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2026. – № 10. – С. 158 – 174. DOI: 10.24891/npjizl
EDN: NPJIZL

Появление цифровых платформ и экосистем ускорило трансформацию мирового агропродовольственного сектора, что определило научную дискуссию и интерес исследователей к этому вопросу. На агропродовольственных рынках термин «экосистема» используется все шире, однако часто подменяет или смешивает ряд близких системных понятий: цифровую платформу, сеть поставщиков и покупателей, прецизионное сельское хозяйство, инновационную сеть, отраслевой кластер и институциональный режим.

Если под экосистемой понимается единичная цифровая платформа, то за рамками анализа могут оказаться финансовые, правовые и государственные институты, а также логистические системы и иные инфраструктурные и ресурсные факторы. Если экосистема рассматривается шире, термин может определять общее обозначение любой формы взаимодействия участников рынка, теряя однако при этом аналитическую точность.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) отмечает наличие цифрового разрыва между развитыми и развивающимися странами, городскими и сельскими территориями, а также между мужчинами и женщинами[1]. В своей работе В.П. Неганова отмечает критическое отставание аграрного сектора от других отраслей в сфере цифровых технологий и инноваций [1]. Это отставание обусловлено системной уязвимостью малых форм хозяйствования из-за ограниченности капитала, невысокого уровня цифровых компетенций персонала и инфраструктурных ограничений.

Оценка зрелости цифровых экосистем в агропромышленном комплексе (АПК) осложняется сочетанием производственных, природно-климатических, финансовых, торговых и социальных аспектов. Современное мировое сельское хозяйство трансформируется под воздействием синергии искусственного интеллекта (ИИ), Интернета вещей и имплементации принципов Индустрии 5.0, перестраиваясь на человекоцентричные, устойчивые и экологически безопасные системы [2, 3].

В системе АПК сложно отделить технологический слой от институционального. Для фермера цифровой сервис зависит от качества связи, доступности и достоверности данных спутникового мониторинга, организации логистики, кредитования, страхования, рынков сбыта и мер государственной поддержки. Цифровая агроэкосистема возникает там, где цифровые инструменты соединяются с правилами обмена данными, финансовыми механизмами и координацией участников цепочки создания стоимости.

Поскольку исследователи по-разному трактуют термин «экосистема», возникают расхождения в понимании этапов ее формирования, уровня цифровизации и зависимости эффекта от масштаба, ресурсов и институциональных условий. Это обусловливает необходимость методологической классификации уровней зрелости и степени интеграции экосистемы.

В рамках настоящего исследования цифровая агроэкосистема понимается как организационно-экономическая система сетевого взаимодействия участников агропромышленной цепочки на базе цифровых платформ, где интегрированные данные, алгоритмы и сквозные сервисы выступают базовыми инструментами обеспечения координации, финансирования, транзакционного доверия и верифицируемой измеримости конечного результата. Участниками выступают производители, поставщики ресурсов, логистические и сбытовые структуры, производители программного обеспечения (ПО), сервисные организации, финансовые институты, инвесторы и государственные органы.

Теоретико-методологическую базу исследования составили работы российских и зарубежных авторов. И.Г. Ушачев, В.В. Маслова, Н.Ф. Зарук и др. предлагают архитектуру цифровой экосистемы АПК России, где ядром является Министерство сельского хозяйства РФ, вокруг которого сформированы три взаимосвязанных контура: органы исполнительной власти, товаропроизводители

[1] Доклад сорок третьей сессии Европейской комиссии по сельскому хозяйству. URL: fao.org

и потребители, а также «проводящие структуры» [4, с. 24]. А.В. Алпатов с соавторами выделяют необходимость рассмотрения не только экономических элементов инфраструктуры экосистемы АПК, но и взаимодействия социального и экологического пространств [5].

В сфере финансовых механизмов и платформенных решений для предприятий малых форм хозяйствования Д.А. Коробейников рассматривает кредитование со стороны государственных банков с использованием платформ и экосистемных бизнес-моделей, характеризующихся применением специальных механизмов (прежде всего субсидирования процентных ставок) и программ, обеспечивающих его льготный характер [6].

Отдельное внимание уделено краудлендингу (имеющему сходство с перспективным DeFi-кредитованием), ориентированному на микрозаемщиков – предприятия АПК, находящиеся на ранних стадиях жизненного цикла [6, с. 233]. Однако для малых форм хозяйствования классические кредитные продукты труднодоступны, поэтому важное значение будет иметь предложение программ государственной поддержки, инвестиций и государственно-частного партнерства.

Исследование краудфарминга на примере специализированных цифровых платформ Нигерии показывает возможность инвесторов участвовать в деятельности ферм путем мониторинга в режиме реального времени и видеть прогресс сельскохозяйственных работ через мобильные и веб-интерфейсы [7]. Основными преимуществами участия мелких фермеров в цифровой платформе стали сокращение послеуборочных потерь и обеспечение производственными ресурсами [7, с. 69–70]. Масштабирование опыта применения цифровых платформ возможно при условии развития краудфинансирования и его правового регулирования со стороны государства и повышения цифровой грамотности.

Исследователи N. Singh и S. Kapoor доказывают перспективность развития частных сельскохозяйственных платформ, отдающих приоритет построению экосистемы и синергии с компаниями–партнерами – «комплементорами» (complementors), обеспечивающими программное обеспечение, бесперебойность цепочек поставок, снижение транзакционных издержек, обмен информацией и интеграцию фермерских хозяйств в единый рынок [8]. Данный подход авторы считают более прогрессивным по сравнению с кооперативными платформами, которые изначально выстроены только для обеспечения транзакций, и лишь затем ориентированы на дальнейшее развитие экосистем.

В части оценки эффективности цифровой трансформации в АПК можно выделить работу российских авторов М.В. Кивариной и Н.Н. Юриной, охватывающую методику интегральной оценки результативности функционирования региональных цифровых платформ [9]. К.М. Балиянц и С.В. Дохолян изучают роль государственного регулирования в процессах, стимулирующих развитие цифровых платформ, экосистем и площадок АПК в целях совершенствования и повышения эффективности управления сельским хозяйством региона [10].

М.С. Петухова и А.В. Кокорин оценивают потенциал цифровых платформ на региональном уровне [11]. В.В. Абряндина исследует функциональную эффективность внедрения цифровых технологий в организациях АПК РФ и предпосылки цифровой трансформации предприятий АПК с позиции уровня «цифровой зрелости» [12]. Также отечественными и зарубежными авторами рассматриваются такие факторы, как:

- эффективность цифровых платформ в различных отраслях сельского хозяйства, в частности, животноводстве [13];
- концепция ИИ-ориентированной цифровой платформы в органическом производстве [14];
- интеграция ИИ в точном земледелии и получении высоких результатов урожайности [15];
- противоречие между высокими показателями цифровизации и критическим отставанием в направлениях цифровой зрелости региона АПК РФ [16].

В области моделей зрелости агроэкосистем авторы E. Ahoa, A. Kassahun, C. Verdouw и др. для оценки уровня цифровой интеграции в области интеллектуального земледелия предложили комплексную модель зрелости возможностей CMM-SF (Capability Maturity Model for Smart Farming) и провели многофакторное исследование на трех интеллектуальных фермах в Нидерландах [17].

Модель разделена на пять уровней зрелости процессов: от начального (изолированного ручного управления) и управляемого (локальной интеграции данных с помощью отдельных технологий) до интегрированного (межфункционального взаимодействия, стандартизации и интеграции цифровых технологий), предсказуемого (внешней системной совместимости и бесперебойного потока данных по всему предприятию) и, наконец, инновационного [17].

В качестве индикаторов использованы бизнес-процессы, персонал и культура, стратегия, технологии, цифровое управление, а также данные и аналитика. По мнению ряда авторов, необходима имплементация существующих моделей зрелости в областях устойчивого развития, индустрии 4.0 и стартапов для разработки «базовой» модели зрелости агроэкосистем[2].

М.А. Быстров предлагает методику измерения уровня цифровой зрелости субъектов РФ с учетом специфики сельских территорий [18]. T. Haryanti с соавторами рассматривают цифровую зрелость на уровне компании с точки зрения самооценки бизнес-моделей и корпоративной культуры. Авторы подчеркивают, что зрелость отличается от готовности тем, что она отражает достигнутое состояние цифровой трансформации предприятия, тогда как готовность измеряет, готово ли предприятие начать инновации или принять инициативу [19].

Проведенный анализ теоретических и эмпирических исследований показывает, что оценка зрелости цифровых агроэкосистем требует комплексного подхода, учитывающего как макроэкономические и цифровые индикаторы, так и отраслевые параметры эффективного сельскохозяйственного производства. В существующих работах преобладает региональный или корпоративный уровень анализа.

Межстрановые инструменты, включая DAR/SAID, требуют развития в части совместного учета институциональных, финансовых и отраслевых результатов, а также включенности производителей разного масштаба. Это определяет необходимость разработки номенклатуры показателей для квалиметрической методологии оценки уровня зрелости экосистем АПК в зависимости от этапов формирования.

Для корректного описания этапов формирования экосистемы в АПК необходимо различать автоматизацию, оцифровку данных и цифровизацию. Автоматизация означает локальное применение технических средств для сокращения ручного труда. Оцифровка данных необходима для преобразования аналоговой информации в цифровые записи, реестры и идентификаторы: электронные журналы, цифровые карты полей, реестры фермеров, идентификаторы животных в стаде. Цифровизация означает использование цифровых технологий для перестройки процессов на основе данных, для изменения бизнес-моделей в АПК.

Следующим уровнем является синергия цифровых технологий при фрагментарной архитектуре. В стране или отрасли может существовать значительное число разрозненных сервисов, позволяющих достичь эффективности их использования: маркетплейсы, консультационные услуги (например, для фермеров ЕС в рамках Общей сельскохозяйственной политики на период 2023–2027 гг.[3]), платформы мониторинга, платежные решения, страховые продукты, логистические приложения.

Отсутствие единых стандартов обмена и несовместимость данных не создают полноценного эффекта экосистемы. Примером фрагментарного подхода в российской практике служит «Экосистема Свое»[4], включающая несколько цифровых платформ в области АПК, в том числе B2B-маркетплейс «Свое Фермерство», сервисы бизнес-аналитики и финансовые инструменты.

Цифровая экосистема в АПК возникает тогда, когда цифровые решения соединяются в интероперабельную среду, где данные могут использоваться повторно, права доступа регулируются, участники цепочки получают экономически значимые сервисы, а финансовые и государственные институты могут опираться на прослеживаемость цифровых операций и цепочек создания стоимости.

[2] Mendes J., Careta C., Zuin Zeidler V. et al. In search of maturity models in agritechs. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, no. 839. DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022083

[3] European Commission. Farm advisory services.
URL: https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/cap-strategic-plans/fas_en

[4] Экосистема Свое. Цифровые сервисы Россельхозбанка. URL: https://rshbdigital.ru/products

В *табл. 1* представлены уровни зрелости цифровой экосистемы АПК, рассмотрены ее признаки, типичные инструменты и ключевые барьеры, а также учтена возможность внедрения ИИ на разных этапах. ИИ в данной модели не включается в перечень стадий, а рассматривается как сквозной аналитический слой, который может присутствовать на разных этапах жизненного цикла. Высокий экономический эффект от применения ИИ возможен при наличии больших данных, интероперабельности, защищенных протоколов доступа для минимизации киберрисков, финансовых механизмов.

В качестве теоретико-методологического базиса разрабатываемой методики рассмотрены Дорожная карта развития стратегий в области цифрового сельского хозяйства DAR (Digital Agriculture Roadmap), предложенная Всемирным банком и Фондом Гейтса, а также сопряженный с ней инструментарий системного анализа и проектирования инвестиций SAID (Systems Analysis and Investment Design)[5].

По результатам введенных пользователем данных модель зрелости SAID, используемая в рамках подхода DAR, позволяет оценить состояние цифровой инфраструктуры и экосистемы, масштаб сельскохозяйственных систем, внедрение инноваций, политико-экономические факторы, влияющие на инвестиции, и меры государственной поддержки производителей. Она распределяет регионы по этапам зрелости (*рис. 1*).

Такой подход полезен для прогнозирования, так как от уровня зрелости зависят приоритеты национальной дорожной карты и выбор финансовых инструментов. Для стран с относительно молодыми экосистемами (например, Сьерра-Леоне, Бурунди) важны базовые инвестиции и грантовое финансирование. Для стран с формирующимися экосистемами (например, Эфиопии) – поддержка государственных и частных инициатив. Странам с относительно развитыми экосистемами (например, Индии, Кении) необходимы масштабирование решений и привлечение капитала[6].

В рамках национальной цели развития РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г. одной из задач является достижение цифровой зрелости ключевых отраслей экономики, в том числе сельского хозяйства, предполагающей автоматизацию большей части транзакций в рамках единых отраслевых цифровых платформ и модели управления на основе данных с учетом ускоренного внедрения технологий обработки больших объемов данных, машинного обучения и ИИ[7].

Для более глубокого понимания различий авторами была составлена сравнительная характеристика российского подхода и международного опыта Всемирного банка к оценке цифровой зрелости агроэкосистем (*табл. 2*). Анализ представленных подходов выявляет недостаток российской системы цифровизации АПК – уклон в административно-нормативный учет и количественные показатели (формальную фиксацию наличия электронных паспортов, регистрацию в реестрах, подсчет количества дата-сетов и др.).

Международная практика смещает фокус на качественные индикаторы эффективности, оценивающие реальную ценность технологий для конечного пользователя. На основе анализа данных *табл. 2* авторы рекомендуют интегрировать в отечественную систему индикаторы «осмысленного использования» цифровых решений, которые окажут влияние на прямые экономические результаты, такие как прирост урожайности и рост доходов аграриев. Такой подход позволит российской платформе перейти от пассивного сбора данных к обеспечению измеримой операционной эффективности каждого хозяйства.

Один из количественных показателей российской методики – число интегрированных информационных систем, на взгляд авторов, характеризует формирование и развитие цифровой экосистемы АПК. *Рис. 2* показывает планируемую динамику физического расширения цифрового контура эко-

[5] Digital Agriculture Roadmap Playbook.
URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099053025063021993/pdf/P508004-f943a09b-c45f-4c93-b554-9dd1decd1e7c.pdf

[6] Digital Agriculture Roadmap Playbook.
URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099053025063021993/pdf/P508004-f943a09b-c45f-4c93-b554-9dd1decd1e7c.pdf

[7] Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».
URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542

системы за счет постоянного подключения новых ведомственных и региональных баз данных. Однако он не отражает содержательную сторону процесса: сложно понять, какие прикладные задачи решают эти системы, насколько они будут полезны для конечных потребителей (хозяйствующих субъектов) и как цифровые инструменты повлияют на экономическую эффективность реального сектора.

Российский подход оценки цифровой зрелости сельского хозяйства, методика которого закреплена приказом Минцифры России № 600[8], несет важную контрольную функцию цифровизации для государства, а в соответствии с новым Распоряжением[9] дополнительно осуществляет контроль закупки отечественного ПО. Вместе с тем констатация факта цифровизации не всегда может продемонстрировать включенность малого производителя в цифровую цепочку создания стоимости, способность оплатить технологическое обновление и показать производственный эффект.

Риск неточного расчета может состоять в усреднении показателей. Регион может отчитаться по показателям зрелости за счет крупных агрохолдингов, имеющих ресурсы для внедрения учетных систем, цифровых профилей, беспилотной техники и интеграции с государственными платформами. Однако малые производители не смогут достичь некоторых показателей, требующих больших затрат, например, отчитаться по дорогостоящим тракторам и комбайнам, оснащенным беспилотной системой управления.

Самое сложное в прогнозировании зрелости цифровой агроэкосистемы, на взгляд авторов, – учесть финансовую доступность. Для ранних уровней зрелости более значимы субсидии, гранты, обучение и базовая инфраструктура, в то время как для переходных уровней важны льготное кредитование, лизинг, страхование и кооперативные модели использования техники. Для зрелых систем необходимы скоринг на основе данных, встроенное финансирование, краудфинансирование, платформенные инвестиции и государственно-частное партнерство. Большую роль сыграть может доступ к мобильному банку и упрощение процедур получения финансовой поддержки.

Авторами была составлена структурная схема элементов формирования зрелости цифровой агроэкосистемы (*рис. 3*), в которой участниками выступают государство (в качестве регулятора), а также сельхозпроизводители, поставщики ресурсов, финансовые институты.

В прикладном виде прогнозная оценка может строиться как матрица, где каждый блок цифровой агроэкосистемы получает качественную оценку по пяти уровням: автоматизации, оцифровке данных, цифровизации процессов, фрагментарной синергии и цифровой агроэкосистеме. В качестве блоков оценки целесообразно использовать готовность государственных структур к внедрению ИИ, финансовую доступность, инновационное развитие, интероперабельность и готовность сельского хозяйства к формированию цифровых экосистем.

Прогноз зрелости в таком подходе не сводится к расчету единого процента. Он показывает, какие ограничения блокируют переход системы на следующий уровень. Например, наличие цифровых профилей производителей без доступа к кредиту и страхованию означает стадию административной цифровизации, но не зрелую агроэкосистему. Наличие беспилотной техники у крупных хозяйств без сервисной модели для малых производителей означает технологический прогресс отдельных игроков, но не зрелость отраслевой экосистемы.

Экспертная балльная оценка весомости показателей обосновывает выбор номенклатуры индикаторов для дальнейших расчетов цифровой зрелости АПК различных стран (*табл. 3*). Баллы отражают важность учета показателя на соответствующей стадии формирования агроэкосистемы, а не достигнутый страной уровень зрелости.

По мнению авторов, учет макроэкономических параметров (индекса зрелости правительственных технологий, показателя финансирования стартапов и компаний, находящихся на стадии масштаби-

[8] Приказ Минцифры России от 18.11.2020 № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация».
URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372437

[9] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.03.2026 № 436-р «О внесении изменений в стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года».
URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_528291/

рования, уровня расходов на НИОКР в % к ВВП и др.) позволит рассчитать уровень зрелости цифровых экосистем стран. Возможна вариация номенклатуры с использованием индекса зрелости правительственных технологий и глобального инновационного индекса ВОИС (включающего показатели уровня развития национальной ИКТ-инфраструктуры и патентной активности).

Изменение весомости показателей финансовой доступности отражает этапы зрелости экосистемы. На начальных стадиях автоматизации главным драйвером выступает традиционное банковское кредитование, на последующих этапах цифровизации возрастает роль венчурных инвестиций. Внесение финансирования стартапов в номенклатуру комплексного показателя зрелости цифровых агроэкосистем демонстрирует доступность и гибкость технологичного капитала, способность преодолевать инфраструктурные ограничения и интегрировать инструменты встроенного финансирования.

Включение в структуру комплексной оценки расширенного агроблока позволяет учитывать отраслевые условия формирования экосистем. Сочетание показателей производительности (добавленной стоимости в сельском хозяйстве на одного работника) и отраслевой структуры (добавленной стоимости сельского хозяйства в % ВВП) поможет четко разграничить зачаточную стадию трансформации и уровень традиционной автоматизации.

На пути к стадиям цифровой зрелости более важным становится валовое накопление основного капитала в сельском хозяйстве, а также количество защищенных интернет-серверов. Поэтому выбор показателей должен иметь комплексный характер, позволяющий определить готовность сельхозпроизводителей к платформенному взаимодействию, уровень технической оснащенности и транзакционной безопасности бизнеса.

Дальнейшие расчеты цифровой зрелости АПК стран необходимо выстраивать с учетом средневзвешенных параметров, проводя интегральную оценку АПК стран по выбранным показателям путем сравнения с «идеальной» моделью, для которой обоснованы максимально возможные значения параметров.

Цифровая агроэкосистема в мировой экономике представляет собой не сумму платформ и цифровых сервисов, а систему устойчивого взаимодействия данных, технологий, институтов, финансовых инструментов и участников агропромышленной цепочки. Ее зрелость определяется не только наличием цифровых профилей, электронных паспортов и безбумажных операций, но и тем, насколько цифровые решения повышают доступ производителей к финансированию, снижают транзакционные издержки, обеспечивают доверие к данным и создают измеримый производственный результат.

Российская методика цифровой зрелости сельского хозяйства является важной нормативной основой для мониторинга цифровой трансформации, однако ее необходимо дополнять экосистемными индикаторами, подтверждающими эффективность использования цифровых решений.

Предложенный теоретико-методологический подход позволяет перейти от оценки факта цифровизации к оценке глубины цифровой агроэкосистемы и ее прогнозируемой устойчивости. Для мировой экономики это особенно важно, поскольку страны и регионы различаются не только уровнем технологий, но и качеством институтов, доступностью финансирования, зрелостью данных и способностью вовлекать производителей разных масштабов в единую цифровую цепочку создания стоимости.

Таблица 1
Уровни зрелости формирования цифровой агроэкосистемы

Table 1
Maturity levels of the digital agroecosystem formation

Наименование уровня (этапа)	Признаки уровня	Примеры используемых инструментов	Ключевые барьеры	Роль искусственного интеллекта
Автоматизация	Локальная оптимизация операций внутри предприятия	Планирование и учет ресурсов предприятия ERP (Enterprise Resource Planning), автоматизация документооборота; датчики	Отсутствие стандартизации данных; локальность эффекта	Может применяться точечно, но не определяет уровень зрелости

Наименование уровня (этапа)	Признаки уровня	Примеры используемых инструментов	Ключевые барьеры	Роль искусственного интеллекта
Оцифровка данных	Формирование цифровых записей, реестров и идентификаторов. Формирование цифровых реестров, баз данных; ведение цифрового земельного кадастра; верификация агроданных и прослеживаемость	Электронные журналы; цифровые паспорта поля, цифровые профили стада; цифровые идентификаторы партий продукции	Качество данных; разрыв навыков; недоверие к обмену данными	Ограниченность применения из-за невысокого качества и неполноты первичных данных
Цифровизация процессов	Перестройка процессов и сервисов на основе данных	Цифровые сервисы; алгоритмы планирования; мониторинг цепочек поставок	Низкая совместимость решений; слабая инфраструктура	Используется в прогнозировании, но зависит от доступности межсистемных данных
Фрагментарная синергия	Множество цифровых решений без общей архитектуры и четких правил	Набор платформ по функциям: исследование рынка, логистика, финансы, консультационные услуги, обучение	Издержки интеграции; дублирование данных; зависимость от провайдера продуктов или услуг (привязка к поставщику, vendor lock-in)	Усиливает отдельные сервисы, но не дает системного эффекта без обмена данными
Цифровая агроэкосистема	Интероперабельная среда данных, платформ, институтов и финансирования	Корпоративная инфраструктура данных (Data backbone); интерфейс программирования приложений (API); цифровые платежи; встроенные финансы (embedded finance); прослеживаемость операций и цепочек поставок (traceability)	Киберриски; монополизация платформ; права доступа	Становится сквозным аналитическим слоем в прогнозах, скоринге, риск-менеджменте

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2
Сравнительная характеристика подходов к оценке цифровой зрелости агроэкосистем

Table 2
Comparative characteristics of approaches to assessing the digital maturity of agroecosystems

Критерий сопоставления	Ведомственный подход АПК РФ (Распоряжение Правительства РФ № 436-р)	Международный подход Всемирного банка (World Bank DAR Playbook, 2025)	Выводы
Область применения документа	Стратегическое направление является основным документом стратегического планирования в области цифровой трансформации отраслей АПК и рыбохозяйственного комплекса РФ до 2030 г.	Стратегия, инвестиционный план и план реализации для страны или региона по трансформации аграрного сектора с использованием цифровых технологий	Рекомендация по дополнению отраслевых планов РФ инвестиционными программами для привлечения внешнего коммерческого российского ИТ-капитала
Прикладные технологические решения с использованием цифровых технологий	Цифровые паспорта самоходных машин, сквозная прослеживаемость зерна, семян, ведение цифрового реестра племенных животных и др.	Выбор приоритетной задачи и формирование, инициативы и подбор цифровых инструментов, например, консультационные услуги с ИИ и чат-боты, цифровые торговые площадки, смарт-ирригация, peer-to-peer кредитование и др.	Предложение расширения функционала ГИС АПК РФ за счет внедрения интерактивных сервисов прямой рыночной кооперации (интеграция в платформу B2B-сервисов без посредников)
Эмпирические индикаторы эффективности	Доля хозяйствующих субъектов АПК РФ, получивших государственную	Индикаторы осмысленного использования, измеряющие прямой прирост урожайности	Внедрение в российскую систему оценки критериев реального экономического

Критерий сопоставления	Ведомственный подход АПК РФ (Распоряжение Правительства РФ № 436-р)	Международный подход Всемирного банка (World Bank DAR Playbook, 2025)	Выводы
	поддержку и обеспечивших внедрение (использование) решений на основе технологий ИИ, количество доступных дата-сетов (наборов данных), доля сельскохозяйственных угодий, имеющих цифровой профиль и др.	и доходов фермеров и др. реальной ценности от внедрения цифровых решений	эффекта на уровне отдельного хозяйствующего субъекта
Ключевой вектор проектирования систем	Создание единой государственной цифровой платформы на базе единой цифровой платформы РФ «ГосТех»	Сценарное проектирование с наибольшим потенциальным эффектом, исходя из текущего уровня зрелости экосистемы страны, а затем определение приоритетов инициатив в развитии цифровой инфраструктуры от потребностей пользователей к обеспечивающей инфраструктуре (Front-to-back)	Рекомендация учета потребностей конечных пользователей (аграриев) при формировании интерфейсов и функционала платформы «ГосТех»
Учет стартовых условий (цифровой зрелости)	Корректировка (актуализация) стратегии возможна не чаще одного раза в год, но не реже одного раза в два года	Дифференциация подходов в зависимости от исходной цифровой зрелости экосистемы страны: от базовых инфраструктурных мер для «зарождающихся рынков» до рыночных для продвинутого уровня	Необходимо более гибкое региональное зонирование темпов цифровизации АПК РФ с учетом цифровой инфраструктуры конкретного региона
Архитектура управления (Governance)	Федеральный орган, ответственный за координацию реализации стратегического направления – Министерство сельского хозяйства РФ	Формирование выделенной структуры: офиса реализации DAU (Digital Agriculture Delivery Unit), проектного офиса PMU (Project Management Unit) Министерств сельского хозяйства	Важно организационное выделение специализированного проектного офиса цифровизации АПК внутри ведомственных структур
Учет базовой цифровой инфраструктуры	Доступность или ограничения по качеству связи и дорог в показателях не зафиксированы	Оценивается процент покрытия сетью 3G, доступность интернета – стоимость мобильного интернета в % к валовому национальному доходу на душу населения и др.	Инфраструктурный тупик: Попытка внедрить 30% беспилотных тракторов упрется в отсутствие покрытия связи в удаленных регионах

Источник: авторская разработка по данным Digital Agriculture Roadmap Playbook. URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099053025063021993/pdf/P508004-f943a09b-c45f-4c93-b554-9dd1decd1e7c.pdf; Распоряжение Правительства РФ от 06.03.2026 № 436-р. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_528291/

Source: Authoring, based on the Digital Agriculture Roadmap Playbook data. URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099053025063021993/pdf/P508004-f943a09b-c45f-4c93-b554-9dd1decd1e7c.pdf; Order of the Government of the Russian Federation of 6 March 2026 No. 436-r. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_528291/

Таблица 3

Экспертная балльная оценка весомости показателей зрелости агроэкосистем на этапах ее формирования

Table 3

Expert scoring assessment of the relative importance of maturity indicators at different stages of agroecosystem formation

Наименование блока	Наименование показателя	Источник базы данных	Автоматизация	Оцифровка данных	Цифровизация процессов	Фрагментарная синергия	Цифровая агроэкосистема
1. Готовность государственных структур к внедрению ИИ	1.1. Индекс зрелости правительственных технологий GTMI (GovTech Maturity Index)	Всемирный банк (по сведениям ООН – UN DESA)	2	3	3	3	2
	1.2. Индекс развития электронного правительства EGDI (E-Government Development Index)	Всемирный банк	2	2	3	2	2
	1.3. Индекс готовности правительств к внедрению искусственного интеллекта, % (Government AI Readiness Index, Total score)	Британский Исследовательский центр Oxford Insights	1	2	3	3	3
2. Финансовая доступность	2.1. Внутренние кредиты частному сектору, предоставляемые банками, % от ВВП (Domestic credit to private sector by banks, percentage of GDP)	Всемирный банк	3	3	2	1	1
	2.2. Финансирование стартапов и компаний, находящихся на стадии масштабирования (Finance for startups and scaleups, 4.1.1)	Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС)	1	2	3	3	2
	2.3. Привлеченный венчурный капитал, количество сделок на 1 млрд долл. ВВП по ППП (Venture capital received, deal count/bn PPP$ GDP, 4.2.2)	ВОИС	1	1	2	3	3
3. Инновационное развитие	3.1. Индекс сельскохозяйственной направленности государственных расходов (The agriculture orientation index for government expenditures, SDG Indicator 2.a.1)	ФАОСТАТ	2	3	2	1	1
	3.2. Расходы на научные исследования и разработки, % ВВП (Gross expenditure on R&D, percentage GDP, 2.3.2)	ВОИС	2	2	3	3	2
	3.3. Патентные заявки резидентов (Patent applications, residents)	Всемирный банк (по сведениям ВОИС)	1	1	2	3	2
	3.4. Глобальный инновационный индекс ВОИС (Global Innovation Index)	ВОИС	1	2	3	3	3

Наименование блока	Наименование показателя	Источник базы данных	Автоматизация	Оцифровка данных	Цифровизация процессов	Фрагментарная синергия	Цифровая агроэкосистема
4. Интероперабельность	4.1. Индекс доступа к ИКТ-инфраструктуре (ICT access index, 3.1.1)	ВОИС	3	2	2	1	1
	4.2. Экспорт ИКТ-услуг, % от общего объема торговли (ICT services exports, percentage of total trade, 6.3.4)	ВОИС	1	1	2	3	2
	4.3. Индекс использования ИКТ (ICT use index, 3.1.2)	ВОИС	2	3	3	2	2
5. Готовность сельского хозяйства к формированию цифровых экосистем	5.1. Добавленная стоимость в сельском, лесном хозяйстве и рыболовстве на одного работника, долл. США в постоянных ценах 2015 г. (Agriculture, forestry, and fishing, value added per worker (constant 2015 USD))	Всемирный банк	3	3	2	1	1
	5.2. Добавленная стоимость в сельском, лесном хозяйстве и рыболовстве в % к ВВП (Agriculture, forestry, and fishing, value added, percentage of GDP)	Всемирный банк	3	2	2	1	1
	5.3. Объем производства на единицу труда по классам размера сельскохозяйственных/пастбищных/лесных предприятий (Volume of production per labour unit by classes of farming/pastoral/forestry enterprise size) SDG indicator 2.3.1	ФАОСТАТ	2	3	2	1	1
	5.4. Валовое накопление основного капитала в сельском, лесном хозяйстве и рыболовстве, % к добавленной стоимости (Gross fixed capital formation, Share of Value Added, % (Agriculture, forestry, and fishing))	ФАОСТАТ	1	2	3	3	3
	5.5. Количество защищенных интернет-серверов на 1 млн чел. (Secure Internet servers per 1 million people)	Всемирный банк	1	1	2	3	3

Примечание. GTMI – комплексный показатель, включающий (i) основные государственные системы и общую цифровую инфраструктуру, (ii) предоставление государственных услуг в режиме онлайн, (iii) цифровое взаимодействие с гражданами и (iv) факторы, способствующие развитию GovTech, в том числе такие аспекты, как стратегия, институты, законы и нормативные акты, цифровые навыки, а также инновационную политику. В зависимости от зрелости приоритетных областей GovTech экономики группируют в четыре категории, от A до D.

EGDI – комплексный показатель, включающий предоставление онлайн-услуг, оценку инфраструктуры телекоммуникационной связи и индекс человеческого капитала (возможность населения пользоваться цифровыми государственными системами).

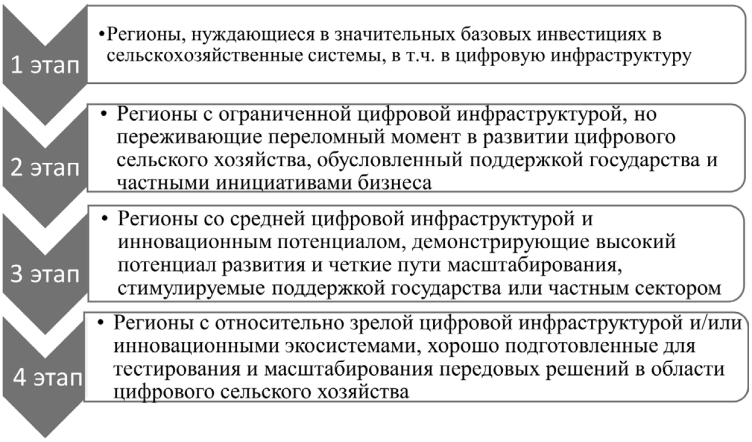
Источник: авторская разработка по данным The World Bank Group. URL: https://data.worldbank.org/indicator; FAOSTAT. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data; Global

Innovation Index. URL: https://www.wipo.int/gii-ranking/en/indicators; AI Readiness. URL: https://oxfordinsights.com/ai-readiness/

Source: Authoring, based on the data of The World Bank Group. URL: https://data.worldbank.org/indicator; FAOSTAT. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data; Global Innovation Index. URL: https://www.wipo.int/gii-ranking/en/indicators; AI Readiness. URL: https://oxfordinsights.com/ai-readiness/

Рисунок 1
Этапы развития регионов по Модели зрелости SAID

Figure 1
Stages of regional development according to the Maturity Model SAID

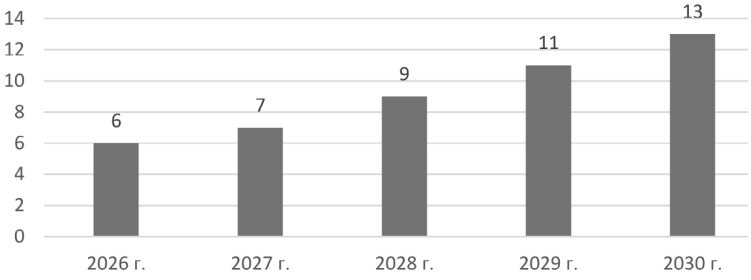


Источник: авторская разработка по данным Digital Agriculture Roadmap Playbook. URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099053025063021993/pdf/P508004-f943a09b-c45f-4c93-b554-9dd1decd1e7c.pdf

Source: Authoring, based on the Digital Agriculture Roadmap Playbook data. URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099053025063021993/pdf/P508004-f943a09b-c45f-4c93-b554-9dd1decd1e7c.pdf

Рисунок 2
Количество интегрированных информационных систем в контур единой цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов (плановые показатели проекта 2026–2030 гг.), шт.

Figure 2
Number of integrated information systems in the contour of the unified digital platform of agro-industrial and fisheries complexes (Planned project indicators of 2026–2030), unit



Источник: авторская разработка по данным Приложения 5 Распоряжения Правительства Российской Федерации от 06.03.2026 № 436-р «О внесении изменений в стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного

и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года».
URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_528291/

Source: Authoring, based on the Order of the Government of the Russian Federation of 6 March 2026 No. 436-r "On Amendments to the strategic Direction in the field of digital transformation of the agro-industrial and fisheries sectors of the Russian Federation for the period up to 2030".
URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_528291/

Рисунок 3
Элементы формирования зрелости цифровой агроэкосистемы

Figure 3
Elements of digital agroecosystem maturity formation



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Неганова В.П. Цифровые платформы российского АПК: условия реализации потенциала // Вестник Академии знаний. 2024. № 6. С. 1220–1223. EDN: JNMFWF
2. Nasar M., Kausar M.A., Nayyer M.A. Towards next-generation agriculture: An AI-driven industry 5.0 model for IoT-enabled smart farming. *Next Research*, 2026, no. 8. DOI: 10.1016/j.nexres.2026.101526
3. Doğan Y.L., Rabhi M.L., Taha T.H. et al. Evolution of agricultural paradigms: Conceptual, technological, and sustainability perspectives from Agriculture 1.0 to 5.0. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2026, no. 10. DOI: 10.3389/fsufs.2026.1803360
4. Ушачев И.Г., Маслова В.В., Зарук Н.Ф. и др. Экосистемный подход к эффективному развитию агропромышленного комплекса // Вестник Российской академии наук. 2025. № 6. С. 20–29. DOI: 10.7868/S3034520025060032 EDN: FAOHBI
5. Алпатов А.В., Силко Е.А., Скворцов В.В. Научные основы функционирования инфраструктуры экосистемы АПК России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2025. № 6. С. 103–114. DOI: 10.33938/256-103 EDN: RTBVST
6. Коробейников Д.А. Перспективные модели кредитования сельскохозяйственных товаропроизводителей России с использованием цифровых платформ и экосистем АПК // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18. № 4. С. 225–237. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_4_225 EDN: SJUWFE
7. Akinwale J.A., Oluwole B.O., Wole-Alo F.I. Digital platforms for linking agriculture investors with smallholder farmers in Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 2023, vol. 27, iss. 2, pp. 65–72. DOI: 10.4314/jae.v27i2.6

8. Singh N., Kapoor S. Agtech platforms: Complementors and value propositions. *Technology Analysis and Strategic Management*, 2025, vol. 37, iss. 11, pp. 1294–1309. DOI: 10.1080/09537325.2024.2306636

9. Киварина М.В., Юрина Н.Н. Методика оценки эффективности функционирования региональной цифровой платформы АПК // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25. № 9. С. 1443–1455. DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-09-1443-1455 EDN: YVLIWP

10. Балиянц К.М., Дохолян С.В. Цифровые платформы как основа оперативного и стратегического управления продуктовыми подкомплексами регионального АПК // АПК: экономика, управление. 2024. № 10. С. 25–35. DOI: 10.33305/2410-25 EDN: EZFGAN

11. Петухова М.С.,Кокорин А.В. Оценка потенциала формирования цифровых экосистем в АПК Новосибирской области // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2023. Т. 12. № 3. С. 122–132. DOI: 10.24412/2225-8264-2023-3-122-132 EDN: JUKSCL

12. Абряндина В.В. Функциональная эффективность освоения цифровых технологий в организациях агропромышленного сектора // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 1. С. 127–133. DOI: 10.33938/221-127 EDN: FWZJEM

13. Ларин М.В., Айрапетян С.А., Фетисова А.В. и др. Особенности внедрения цифровых платформ в животноводстве с целью повышения эффективности деятельности предприятий АПК // Российский научный вестник. 2025. № 12. С. 266–270. DOI: 10.24412/2782-3830-2025-12-266-270 EDN: OEQSSA

14. Войтюк В.А., Кондратьева О.В., Слинько О.В. и др. Цифровая трансформация органического сельского хозяйства: роль ИИ-платформ в повышении эффективности производства // Техника и оборудование для села. 2026. № 3. С. 2–6. DOI: 10.33267/2072-9642-2026-3-2-6 EDN: QPTUAF

15. Ali A.A.A., Kurhe P. Artificial Intelligence in Precision Agriculture: Advancing Crop Productivity and Sustainable Farming. *Mazedan Computer Engineering Transactions*, 2025, no. 6, pp. 54–59. DOI: 10.5281/zenodo.16725314

16. Guseva E., Speshilov E. The concept of the digital transformation of agriculture: An integrative approach to managing the value chain. *Ekonomika i upravlenie innovatsiyami*, 2025, no. 4, pp. 70–77. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-4-70-77 EDN: QAJJPS

17. Ahoa E., Kassahun A., Verdouw C. et al. A capability maturity model for assessing digital integration in smart farming. *Smart Agricultural Technology*, 2026, no. 13. DOI: 10.1016/j.atech.2025.101743 EDN: AHCMUO

18. Быстров М.А., Русакова Е.В. Оценка уровня цифровой зрелости Приволжского федерального округа на примере социального развития сельских территорий // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2026. № 6. С. 289–296. DOI: 10.33938/266-289 EDN: FXFONP

19. Haryanti T., Rakhmawati N.A., Subriadi A.P. The Extended Digital Maturity Model. *Big Data and Cognitive Computing*, 2023, vol. 7, iss. 1. DOI: 10.3390/bdcc7010017

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Innovation and Investment

DIGITAL MATURITY OF AGROECOSYSTEMS IN THE GLOBAL ECONOMY: THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESSMENT AND FORECASTING

DOI: https://doi.org/10.24891/npjizl
EDN: https://elibrary.ru/npjizl

Semen N. KLIMENKO

Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation (MGIMO University), Moscow, Russian Federation
e-mail: semen-klimenko@yandex.ru
ORCID: 0009-0008-8497-5329

Nataliya V. EREMEEVA

Corresponding author, Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation (MGIMO University), Moscow, Russian Federation
e-mail: n.eremeeva@inno.mgimo.ru
ORCID: 0000-0002-6405-1320

Article history:
Article No. 755/2026
Received 17 Jul 2026
Accepted 31 Jul 2026
Available online 29 Oct 2026

JEL Classification: Q14

Keywords: digital platform, digital agriculture, digital agroecosystem, digital maturity, artificial intelligence

Abstract

Subject. This article focuses on the digital ecosystems of the agro-industrial complex of different countries.

Objectives. The study aims to develop a theoretical and methodological approach to assessing the maturity of digital agroecosystems in the global economy and to identify the conditions for the transition from fragmented digitalization to a sustainable digital agro-industrial ecosystem.

Methods. For the study, we used methods of content analysis, comparative and institutional analyses, systematization of scientific literature and regulatory methods, expert grouping of indicators.

Results. The article proposes a stage-based model of digital agroecosystem formation in different countries. It also substantiates the need for a comprehensive methodology to assess the depth of digital ecosystems, and identifies the main barriers to the transition from fragmented digitalization to an ecosystem.

Conclusions. The choice of financial and credit mechanisms for small and medium-sized agricultural producers in global and Russian practice will depend on the level of digital agroecosystems maturity. The research results can support the development of agricultural digitalization roadmaps, digital ecosystem architecture design, and the analysis of digitalization projects by maturity level.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2026

Please cite this article as: Klimenko S.N., Eremeeva N.V. Digital maturity of agroecosystems in the global economy: Theoretical and methodological approach to assessment and forecasting. *National Interests: Priorities and Security*, 2026, iss. 10, pp. 158–174. DOI: 10.24891/npjizl EDN: NPJIZL

References

1. Neganova V.P. [Digital platforms of the Russian agro-industrial complex: Conditions for realizing the potential]. *Vestnik Akademii znanii*, 2024, no. 6, pp. 1220–1223. (In Russ.) EDN: JNMFWF

2. Nasar M., Kausar M.A., Nayyer M.A. Towards next-generation agriculture: An AI-driven industry 5.0 model for IoT-enabled smart farming. *Next Research*, 2026, no. 8. DOI: 10.1016/j.nexres.2026.101526

3. Doğan Y.L., Rabhi M.L., Taha T.H. et al. Evolution of agricultural paradigms: Conceptual, technological, and sustainability perspectives from Agriculture 1.0 to 5.0. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2026, no. 10. DOI: 10.3389/fsufs.2026.1803360

4. Ushachev I.G., Maslova V.V., Zaruk N.F. et al. [Ecosystem approach to effective development of the agro-industrial complex]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 2025, no. 6, pp. 20–29. (In Russ.) DOI: 10.7868/S3034520025060032 EDN: FAOHBI

5. Alpatov A.V., Silko E.A., Skvortsov V.V. [Scientific foundations of the functioning of the ecosystem infrastructure of the Russian agro-industrial complex]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaistve*, 2025, no. 6, pp. 103–114. (In Russ.) DOI: 10.33938/256-103 EDN: RTBVST

6. Korobeinikov D.A. [Promising models of lending to Russian agricultural producers based on digital platforms and ecosystems of agro-industrial complex]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2025, vol. 18, iss. 4, pp. 225–237. (In Russ.) DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_4_225 EDN: SJUWFE

7. Akinwale J.A., Oluwole B.O., Wole-Alo F.I. Digital platforms for linking agriculture investors with smallholder farmers in Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 2023, vol. 27, iss. 2, pp. 65–72. DOI: 10.4314/jae.v27i2.6

8. Singh N., Kapoor S. Agtech platforms: Complementors and value propositions. *Technology Analysis and Strategic Management*, 2025, vol. 37, iss. 11, pp. 1294–1309. DOI: 10.1080/09537325.2024.2306636

9. Kivarina M.V., Yurina N.N. [Methodology for evaluating the effectiveness of the regional digital agribusiness platform]. *Agrarnyi vestnik Urala*, 2025, vol. 25, iss. 9, pp. 1443–1455. (In Russ.) DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-09-1443-1455 EDN: YVLIWP

10. Baliyants K.M., Dokholyan S.V. [Digital platforms as the basis for operational and strategic management of product subcomplexes of the regional agro-industrial complex]. *APK: ekonomika, upravlenie*, 2024, no. 10, pp. 25–35. (In Russ.) DOI: 10.33305/2410-25 EDN: EZFGAN

11. Petukhova M.S.,Kokorin A.V. [Assessment of the potential for the formation of digital ecosystems in the agro-industrial complex of the Novosibirsk Region]. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologii*, 2023, vol. 12, iss. 3, pp. 122–132. (In Russ) DOI: 10.24412/2225-8264-2023-3-122-132 EDN: JUKSCL

12. Abryandina V.V. [Functional efficiency the development of digital technologies in the organizations of the agro-industrial sector]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaistve*, 2022, no. 1, pp. 127–133. (In Russ.) DOI: 10.33938/221-127 EDN: FWZJEM

13. Larin M.V., Airapetyan S.A., Fetisova A.V. et al. [Features of the introduction of digital platforms in animal husbandry in order to increase the efficiency of agricultural enterprises]. *Rossiiskii nauchnyi vestnik*, 2025, no. 12, pp. 266–270. (In Russ.) DOI: 10.24412/2782-3830-2025-12-266-270 EDN: OEQSSA

14. Voityuk V.A., Kondrat'eva O.V., Slin'ko O.V. et al. [Digital transformation of organic agriculture: The role of AI platforms in improving production efficiency]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2026, no. 3, pp. 2–6. (In Russ.) DOI: 10.33267/2072-9642-2026-3-2-6 EDN: QPTUAF

15. Ali A.A.A., Kurhe P. Artificial Intelligence in Precision Agriculture: Advancing Crop Productivity and Sustainable Farming. *Mazedan Computer Engineering Transactions*, 2025, no. 6, pp. 54–59. DOI: 10.5281/zenodo.16725314

16. Guseva E., Speshilov E. The concept of the digital transformation of agriculture: An integrative approach to managing the value chain. *Ekonomika i upravlenie innovatsiyami*, 2025, no. 4, pp. 70–77. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-4-70-77 EDN: QAJJPS

17. Ahoa E., Kassahun A., Verdouw C. et al. A capability maturity model for assessing digital integration in smart farming. *Smart Agricultural Technology*, 2026, no. 13. DOI: 10.1016/j.atech.2025.101743 EDN: AHCMUO

18. Bystrov M.A., Rusakova E.V. [Assessment of the level of digital maturity of the Volga Federal District using the example of rural social development]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaistve*, 2026, no. 6, pp. 289–296. (In Russ.) DOI: 10.33938/266-289 EDN: FXFONP

19. Haryanti T., Rakhmawati N.A., Subriadi A.P. The Extended Digital Maturity Model. *Big Data and Cognitive Computing*, 2023, vol. 7, iss. 1. DOI: 10.3390/bdcc7010017

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.