



Научная статья

УДК 338.43

doi: 10.55186/25876740_2025_68_7_913

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС КАК ИМПЕРАТИВ СБАЛАНСИРОВАННОЙ АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ЗЕРНОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА РОССИИ)

П.Л. Алтухов, С.Б. Ефимова, В.И. Мартынович, Т.В. Муравлёва

Саратовская государственная юридическая академия, Саратов, Россия

Аннотация. Настоящая статья посвящена концептуализации и научному обоснованию роли Интеллектуального агропромышленного комплекса (ИАПК) как фундаментального императива сбалансированной аграрной политики в условиях перманентной глобальной стохастичности. Впервые в рамках данного исследования ИАПК определяется как качественно новый тип интегративной киберфизической системы, онтологическая структура которой базируется на синергетическом триединстве глубоко интегрированных агробиологической, техно-производственной и интеллектуальной информационно-управляющей подсистем. Исследование анализирует функциональные и структурные особенности ИАПК применительно к глобальной аграрной системе и специфике его становления в Российской Федерации, фокусируясь, в частности, на примере зернового подкомплекса, как одного из системообразующих элементов национальной экономики, обеспечивающего продовольственную безопасность, стабильный экспорт, занятость и развитие смежных отраслей. Проводится углубленный анализ экзогенных и эндогенных факторов, детерминирующих эффективность и резильентность ИАПК, а также систематизируются специфические барьеры, сопряженные с его полномасштабным формированием и распространением. Обосновывается, что развитие ИАПК является необходимым условием для достижения качественно нового уровня ресурсоэффективности, адаптивности и экологической устойчивости аграрного производства, что критически значимо для парирования современных вызовов. Предлагаются научно обоснованные рекомендации по совершенствованию адаптивных механизмов государственного регулирования и поддержки, направленные на ускорение процессов формирования ИАПК в России и его интеграции в глобальные продовольственные системы.

Ключевые слова: интеллектуальный агропромышленный комплекс, сбалансированная аграрная политика, зерновое производство, искусственный интеллект в сельском хозяйстве, цифровизация АПК, точное земледелие, большие данные, продовольственный суверенитет, экономическая эффективность, устойчивое развитие

Original article

THE INTELLECTUAL AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX AS AN IMPERATIVE OF BALANCED AGRICULTURAL POLICY (CASE STUDY OF THE RUSSIAN GRAIN SUB-COMPLEX)

P.L. Altuhov, S.B. Efimova, V.I. Martynovich, T.V. Muravleva

Saratov State Law Academy, Saratov, Russia

Abstract. This article is dedicated to the conceptualization and scientific substantiation of the role of the Intelligent Agro-Industrial Complex (IAIC) as a fundamental imperative of balanced agricultural policy under conditions of persistent global stochasticity. For the first time in this research, the IAIC is defined as a qualitatively new type of integrative cyber-physical system, whose ontological structure is based on the synergistic triunity of deeply integrated agrobiological, techno-industrial, and intellectual information-management subsystems. The study analyzes the functional and structural characteristics of the Intelligent Agro-Industrial Complex (IAIC) in the context of the global agrarian system and examines the specifics of its development in the Russian Federation, with a particular focus on the grain subsector as a systemically important element of the national economy that ensures food security, stable export revenues, employment, and the development of related industries. An in-depth analysis of exogenous and endogenous factors determining the efficiency and resilience of the IAIC is conducted, and specific barriers associated with its full-scale formation and dissemination are systematized. It is substantiated that the development of the IAIC is a necessary condition for achieving a qualitatively new level of resource efficiency, adaptability, and environmental sustainability of agricultural production, which is critically important for countering modern challenges. Scientifically grounded recommendations are proposed for improving adaptive mechanisms of state regulation and support, aimed at accelerating the processes of IAIC formation in Russia and its integration into global food systems.

Keywords: intellectual agro-industrial complex, balanced agricultural policy, grain production, artificial intelligence in agriculture, digitalization of the agro-industrial complex, precision farming, big data, food sovereignty, economic efficiency, sustainable development

Актуальность темы исследования и постановка проблемы. Агропромышленный комплекс (АПК) традиционно выступает одним из ключевых секторов российской экономики, обеспечивая не только продовольственную независимость страны, но и значительный вклад в ВВП, занятость населения (особенно в сельской местности) и экспортные доходы. Однако, в XXI веке АПК России, как и мировой аграрный сектор, функционирует в условиях беспрецедентной сложности и многофакторной неопределенности. Эти условия формируются под влиянием глобальных мегатрендов:

- рост мирового населения и, соответственно, спроса на продовольствие;
- усугубление проблемы изменения климата, приводящее к увеличению частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений;

- истощение природных ресурсов (пахотные земли, пресная вода);
- усиление глобальной конкуренции на продовольственных рынках;
- стремительное развитие технологий Четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0), ключевыми драйверами которой являются искусственный интеллект, интернет вещей, робототехника, большие данные и биотехнологии.

В этих условиях, существующие модели управления аграрным производством, часто базирующиеся на экстенсивных факторах роста и недостаточно гибкие к быстрым изменениям внешней среды, демонстрируют признаки истощения своего потенциала. Рисунок 1 системно отражает комплекс экзогенных и эндогенных факторов, оказывающих кумулятивное

воздействие на экономические показатели субъектов АПК, в частности на структуру их затрат и уровень рентабельности.

Назрела объективная необходимость кардинального пересмотра подходов к развитию АПК, перехода от простой интенсификации к интеллектуализации производственных, управленческих и логистических процессов [3]. Концепция интеллектуального агропромышленного комплекса (ИАПК) становится ответом на эти вызовы, предлагая путь к созданию высокоэффективного, конкурентоспособного, устойчивого и адаптивного аграрного сектора. Фокус на зерновом подкомплексе в данном исследовании обусловлен его стратегической важностью для России: зерно является основой продовольственной корзины, ключевым экспортным товаром и индикатором общего состояния АПК.

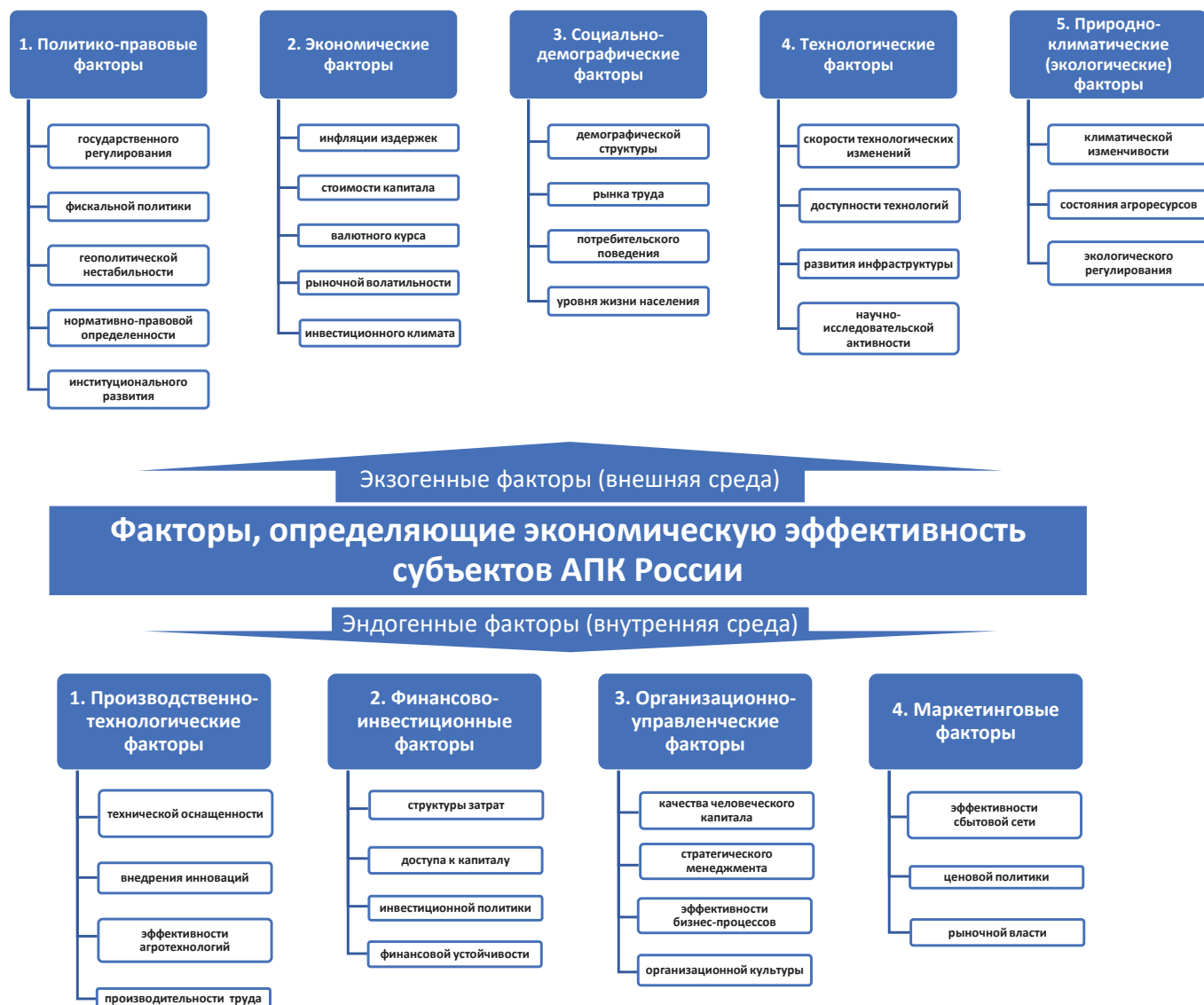


Рисунок 1. Системная модель факторов, определяющих экономическую эффективность субъектов АПК России
Figure 1. A systems model of factors determining the economic efficiency of agricultural enterprises in Russia

Источник: составлено авторами.

Проблема исследования заключается в недостаточной теоретико-методологической проработанности концепции ИАПК в российских условиях, фрагментарности научных представлений о механизмах его формирования, а также в отсутствии комплексной оценки барьеров, рисков и потенциальных эффектов от его внедрения, особенно в контексте достижения целей сбалансированной аграрной политики.

Цель исследования — разработка теоретико-методологических основ и практических рекомендаций по формированию ИАПК в России как фундамента сбалансированной аграрной политики, на примере анализа и моделирования развития зернового подкомплекса.

Задачи исследования:

1. Разработать теоретико-методологическое определение Интеллектуального агропромышленного комплекса (ИАПК), раскрыв его сущность как качественно нового типа интегративной киберфизической системы, структурированной на основе синергетического триединства агробиологической, техно-производственной и интеллектуальной информационно-управляющей подсистем, в контексте вызовов и возможностей эпохи Индустрии 4.0.

2. Обосновать роль ИАПК как технологического базиса для реализации принципов сбалансированной аграрной политики (экономическая эффективность, социальная справедливость, экологическая устойчивость, продовольственный суверенитет).

3. Исследовать углубленный многофакторный анализ детерминант эффективности производства зерна в России, выделив влияние макроэкономических, геополитических, климатических, технологических и институциональных факторов.

4. Исследовать трансформирующий потенциал технологий искусственного интеллекта и других сквозных цифровых технологий для ключевых процессов в зерновом производстве.

5. Идентифицировать и систематизировать основные барьеры (технологические, экономические, инфраструктурные, кадровые, нормативно-правовые, социально-психологические), препятствующие формированию ИАПК в России.

6. Разработать комплекс предложений по совершенствованию государственной политики и стратегического планирования, направленных на стимулирование развития ИАПК и интеграцию ИИ-решений в аграрный сектор.

7. Оценить потенциальные социально-экономические и экологические эффекты от масштабного внедрения ИАПК.

Методология исследования. Методологическая база исследования включает системный подход, теорию инноваций (в частности, концепцию диффузии инноваций), теорию фирмы, институциональную экономическую теорию, экономико-статистические методы анализа (регрессионный, корреляционный анализ, анализ временных рядов), методы экспертных оценок, сравнительный анализ и элементы сценарного моделирования. Информационной основой послужили данные Росстата, Минсельхоза России, Банка России, ФТС России, международных организаций (FAO, OECD, World Bank), научные публикации в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах, материалы научно-практических конференций, а также данные аналитических агентств и отраслевых порталов.

Результаты исследования. Определим теоретико-методологические основы интеллектуального агропромышленного комплекса (ИАПК).

Рассмотрим эволюцию концепции АПК и генезис представлений об ИАПК. Понятие «агропромышленный комплекс» (АПК) возникло



в середине XX века для обозначения совокупности отраслей экономики, связанных с производством сельскохозяйственной продукции, ее переработкой, хранением, транспортировкой и доведением до конечного потребителя, а также с обеспечением сельского хозяйства средствами производства и услугами. Традиционно выделялись три сферы АПК. Однако под влиянием научно-технического прогресса и усложнения экономических связей концепция АПК эволюционировала. Появление цифровых технологий ознаменовало переход к этапам, которые можно условно назвать «АПК 3.0» (автоматизация отдельных процессов) и, наконец, «АПК 4.0», что коррелирует с концепцией «Индустрии 4.0» [5, 8]. ИАПК представляет собой не просто сумму технологий, а новую организационно-экономическую и технологическую парадигму.

Сущностные характеристики и определение ИАПК. Интеллектуальный агропромышленный комплекс (ИАПК) определяется как сложная адаптивная киберфизическая система высокого порядка, чья онтологическая структура конституируется глубокой интеграцией и синергетическим взаимодействием трех фундаментально различающихся, но взаимозависимых подсистем (рис.2).

Агробиологическая подсистема (АБП). Включает совокупность живых организмов (растения, животные, микробиота) и абиотических компонентов биогеоценозов (почва, водные ресурсы, атмосфера, климат), вовлеченных в процессы сельскохозяйственного производства. Функционирование АБП определяется сложными, часто нелинейными биологическими и экологическими законами, характеризуется высокой степенью стохастичности и зависимостью от внешней среды. Является объектом воздействия и источником первичных биологических данных (фенотипические признаки, физиологическое состояние, взаимодействие с окружающей средой).

Техно-производственная подсистема (ТПП). Представляет собой комплекс материальных активов (техника, оборудование, инфраструктура, ирригационные системы, хранилища), технологических процессов (обработка почвы, посев, уход, сбор урожая, переработка, логистика) и управляющих механических и физических воздействий на АБП. Является инструментом воздействия и источником операционных данных (параметры работы техники, расход ресурсов, условия хранения).

Интеллектуальная информационно-управляющая подсистема (ИИУП). Формируется на основе стека передовых информационно-коммуникационных технологий, включая Интернет

вещей (IoT), большие данные (Big Data), облачные и граничные вычисления (Cloud/Edge Computing), а также, что критически важно, алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ), машинного и глубокого обучения (ML/DL), продвинутой аналитики и систем поддержки принятия решений (DSS). ИИУП выполняет функции сбора, агрегации, валидации и интеграции разнородных данных от АБП и ТПП, их комплексного предиктивного, диагностического и нормативного анализа, генерации контекстуализированных знаний, выработки оптимальных стратегий и тактических решений, а также осуществления целевого управляющего воздействия на ТПП, что косвенно влияет на АБП. Является когнитивным ядром и контрольным центром ИАПК.

Принципиальное отличие ИАПК от предыдущих этапов эволюции агропромышленного комплекса заключается не столько в простом внедрении отдельных цифровых инструментов или повышении степени автоматизации (что характерно для АПК 3.0 и ранних форм АПК 4.0), сколько в архитектурном выделении и интеграции ИИУП как полноценной, равноправной и постоянно взаимодействующей с АБП и ТПП системы. Эта структурная трансформация обеспечивает возникновение эмерджентных свойств и системной синергии, которые качественно превосходят сумму эффектов от каждой подсистемы в отдельности или их слабосвязанного взаимодействия.

Результатом функционирования ИАПК является достижение качественно новых уровней:

- предиктивности и проактивности: переход от реактивного управления к прогнозированию сценариев развития АБП и ТПП и принятию решений на основе опережающего анализа;
- точности и персонализации: реализация концепции «точного земледелия/животноводства» на основе микрозондирования и индивидуального подхода;
- ресурсоэффективности: оптимизация использования воды, удобрений, пестицидов, энергии, снижающая операционные издержки и экологический след;
- резильентности и адаптивности: повышение устойчивости комплекса к внешним шокам (климатические изменения, болезни, вредители) за счет быстрой диагностики и корректирующих действий;
- прозрачности и прослеживаемости: обеспечение полного контроля и документирования процессов на всех этапах производства и логистики;
- непрерывного обучения и самооптимизации: способность системы адаптироваться и повышать свою эффективность на основе анализа накопленных данных и результатов предыдущих циклов.

Ключевыми сущностными характеристиками ИАПК являются:

1. Интеллектуализация: способность системы к самоанализу, самообучению, прогнозированию, адаптации и автономному принятию решений на основе обработки больших массивов данных.
2. Связность (Connectivity): постоянный обмен данными между всеми элементами системы (машины, датчики, люди, организации) в режиме реального времени.
3. Интероперабельность: способность различных систем и устройств взаимодействовать друг с другом независимо от производителя.

4. Прозрачность: возможность отслеживания всех процессов и продуктов на любом этапе цепочки создания стоимости.
5. Децентрализация: переход от иерархических структур управления к сетевым, с распределенным принятием решений.
6. Сервисизация: предоставление многих функций в виде цифровых сервисов (например, агроконсалтинг на основе ИИ, предиктивная аналитика как услуга).

Структурно-функциональная модель ИАПК. ИАПК включает следующие взаимосвязанные компоненты:

1. Цифровая инфраструктура: сети связи (5G, LoRaWAN), облачные платформы, центры обработки данных, платформы IoT.
2. Технологический уровень:
 - сенсорика и сбор данных: IoT-датчики (почвенные, климатические, на животных, на технике), БПЛА, спутниковый мониторинг;
 - аналитика и ИИ: платформы Big Data, алгоритмы машинного обучения, нейронные сети, системы поддержки принятия решений (СППР);
 - исполнительные механизмы: роботизированная техника (беспилотные тракторы, комбайны, доильные роботы), системы точного внесения ресурсов, умные ирригационные системы.
3. Управленческий уровень:
 - цифровые платформы управления хозяйством (Farm Management Information Systems — FMIS): интегрируют данные и управляют всеми аспектами деятельности. Примеры: «Агросигнал» (www.agrosignal.com), зарубежные «Trimble Ag Software», «Climate FieldView»;
 - цифровые двойники (Digital Twins): виртуальные копии полей, животных, техники, позволяющие моделировать процессы и оптимизировать решения.
4. Экосистемный уровень:
 - цифровые торговые площадки и логистические платформы;
 - системы прослеживаемости продукции (на базе блокчейн);
 - платформы для взаимодействия с научными организациями, поставщиками, финансовыми институтами и государственными органами (e-Government).

ИАПК как технологический базис сбалансированной аграрной политики. Сбалансированная аграрная политика предполагает достижение оптимального соотношения между экономической эффективностью, социальной справедливостью и экологической устойчивостью. ИАПК вносит вклад в каждую из этих компонент:

- экономическая устойчивость и эффективность. Повышение урожайности (до 15-30% по отдельным культурам за счет точного земледелия), снижение затрат на ГСМ (до 20-40%), удобрения и СЗР (до 30-50%), оптимизация логистики, снижение потерь, повышение качества продукции;
- социальная справедливость и развитие сельских территорий. Создание высокотехнологичных рабочих мест (аналитики данных, операторы БПЛА, инженеры по роботизации), улучшение условий труда, повышение привлекательности аграрных профессий для молодежи. Однако существует риск сокращения рабочих мест для низкоквалифицированного труда, что требует программ переобучения;



Рисунок 2. Структура интеллектуального агропромышленного комплекса
Figure 2. Structure of the Intellectual Agro-Industrial Complex

Источник: составлено авторами.





- экологическая устойчивость и ресурсосбережение. Минимизация углеродного следа за счет оптимизации использования техники и ресурсов; точное, экологически безопасное применение удобрений и пестицидов, предотвращающее загрязнение почв и водных объектов; рациональное водопользование (экономия воды до 30-50% в ирригационных системах);
- продовольственный суверенитет. Повышение предсказуемости и управляемости агропроизводства, снижение зависимости от импорта технологий (при условии развития отечественных решений), обеспечение стабильного снабжения населения качественным продовольствием.

3. Детерминанты эффективности производства зерна в России: углубленный многоуровневый анализ. Эффективность зернового подкомплекса России является функцией сложного взаимодействия множества факторов.

3.1. Экзогенные факторы и макроэкономическая, геополитическая и климатическая среда:

- Макроэкономическая нестабильность: инфляционные процессы.

Рисунок 3 демонстрирует перманентную волатильность инфляции.

Хроническая инфляция издержек, обусловленная ростом цен на энергоносители (дизельное топливо — см. рис.4), минеральные удобрения (часто привязанные к мировым ценам на газ), импортную технику и запчасти, является ключевым фактором снижения рентабельности. Эффект мультиплицируется из-за длинного производственного цикла в сельском хозяйстве;

- денежно-кредитная политика: Высокая ключевая ставка ЦБ РФ (рис.5) делает заемные средства недоступными или крайне дорогими для большинства аграриев, особенно для малых и средних форм хозяйствования, тормозя инвестиции в обновление основных фондов и внедрение инноваций;
- государственный долг и бюджетные ограничения. Рисунок 6 показывает динамику госдолга. Рост долговой нагрузки на бюджет может приводить к секвестру или недостаточному финансированию программ господдержки АПК, что особенно критично в условиях необходимости технологической модернизации. Данные Минфина РФ (https://minfin.gov.ru/ru/performance/public_debt/internal/);
- Валютные курсы. Зависимость от импорта высокотехнологичных семян (особенно по некоторым культурам, как сахарная свекла, подсолнечник), средств защиты растений (СЗР) и современной сельхозтехники делает отрасль уязвимой к колебаниям курса рубля (рис.7). Девальвация рубля автоматически удорожает импортные компоненты себестоимости.

Геополитические факторы и санкционное давление. Ограничения на доступ к западным технологиям, финансовым рынкам, нарушения логистических цепочек — все это создает дополнительные издержки и риски. Хотя санкции стимулируют импортозамещение, этот процесс требует времени и значительных инвестиций. Возникают сложности с сервисным обслуживанием импортной техники;

- мировая конъюнктура рынка зерна и торговые барьеры. Экспортные цены на российское зерно (рис.8) формируются под влиянием глобального баланса спроса и предложения, политики стран-конкурентов,

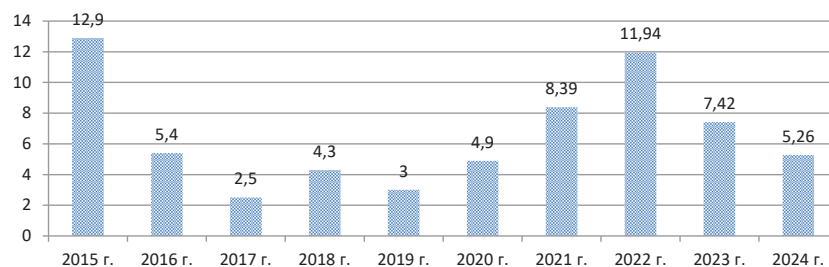


Рисунок 3. Динамика инфляции в Российской Федерации за 2015-2024 гг.

Figure 3. Inflation Dynamics in Russia for the 2015-2024 period

Источник: StatBureau [13].

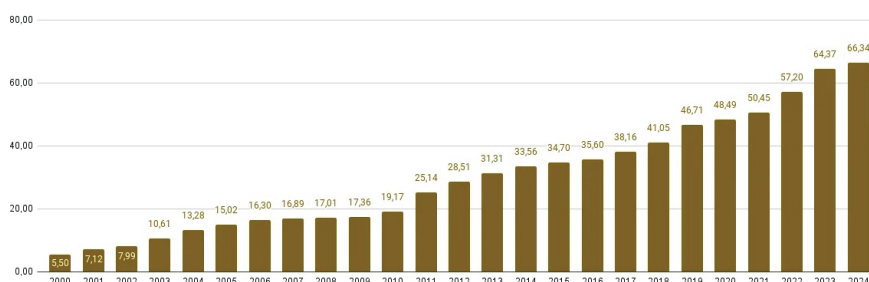


Рисунок 4. Динамика стоимости дизельного топлива за 2000-2024 гг., руб./л

Figure 4. Diesel Fuel Price Dynamics for the 2000-2024 Period, RUB/l

Источник: inflatio [17].

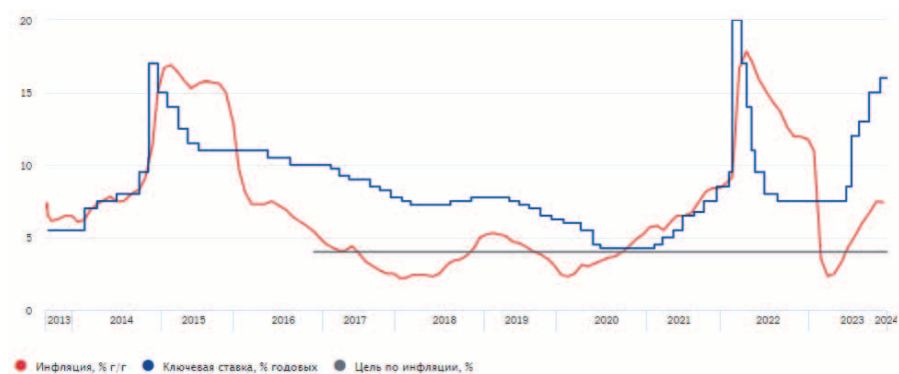


Рисунок 5. Динамика изменения ключевой ставки ЦБ РФ, годовой инфляции и цели по инфляции в Российской Федерации в 2013-2024 гг.

Figure 5. Dynamics of the Bank of Russia Key Rate, Annual Inflation, and the Inflation Target in the Russian Federation for the 2013-2024 Period

Источник: Банк России [18].

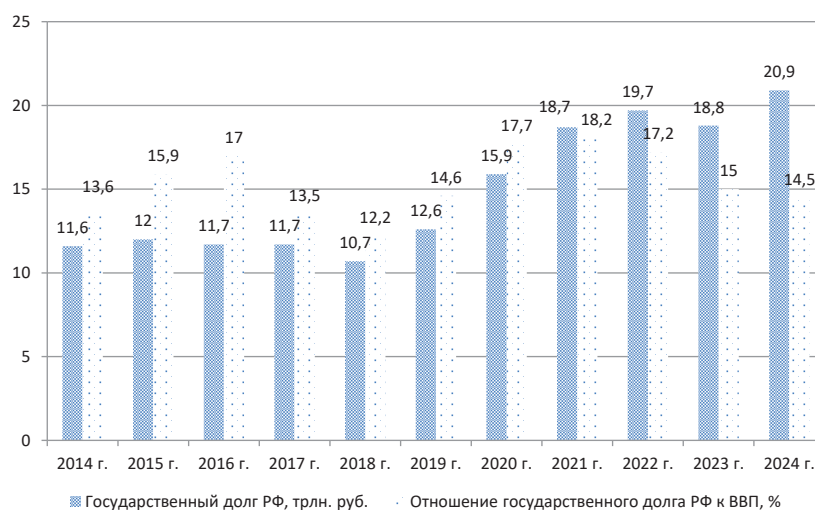


Рисунок 6. Динамика государственного долга Российской Федерации и отношения государственного долга к ВВП за 2014-2024 гг.

Figure 6. Dynamics of the Russian Federation's Government Debt and the Government Debt-to-GDP Ratio for the 2014-2024 Period

Источник: Минфин России [7].



а также нетарифных барьеров (фитосанитарные требования, квоты). Введение экспортных пошлин на зерно со стороны российского правительства, хотя и направлено на стабилизацию внутреннего рынка, снижает доходность экспортеров и косвенно — производителей;

- климатические изменения: учащение засух, наводнений, резких перепадов температур, смещение агроклиматических зон — все это повышает риски недобора урожая и требует адаптации агротехнологий, селекции засухоустойчивых и морозостойких сортов. Необходимы инвестиции в мелиорацию и системы орошения, которые также дорожают.

3.2. Эндогенные факторы: производственный, технологический и институциональный потенциал:

- объем производства, урожайность и качество зерна. Динамика валового сбора и урожайности зерновых (рис.9) отражает не только погодные условия, но и уровень агротехнологий. Низкое качество зерна (например, по содержанию клейковины) снижает его экспортную и перерабатывающую ценность;
- техническая и технологическая оснащенность. Несмотря на определенный прогресс, парк сельскохозяйственной техники в России характеризуется высоким уровнем износа (средний возраст тракторов и комбайнов превышает 10-15 лет), недостаточной обеспеченностью современными высокопроизводительными машинами. Внедрение элементов точного земледелия пока носит очаговый характер. Данные Минсельхоза РФ (<https://mcx.gov.ru>) и отраслевых ассоциаций (например, «Росспецмаш»);
- производительность труда и человеческий капитал. Рисунок 10 показывает динамику индекса производительности труда. В сельском хозяйстве она все еще значительно ниже, чем в других отраслях экономики и в развитых аграрных странах. Существует дефицит квалифицированных кадров, способных работать с современными цифровыми технологиями. Проблемы старения сельского населения и оттока молодежи из села усугубляют ситуацию;
- состояние земельных ресурсов. Дegradация почв (эрозия, снижение содержания гумуса, засоление), вывод земель из сельскохозяйственного оборота. Необходимы масштабные программы по сохранению и повышению плодородия почв, что требует инвестиций и современных агротехнологий;
- институциональная среда. Недостаточное развитие кооперации, слабая рыночная инфраструктура (хранение, логистика, сбыт), ограниченный доступ к «длинным» и «дешевым» деньгам, административные барьеры.

4. Трансформирующая роль искусственного интеллекта (ИИ) в становлении ИАПК: от данных к интеллектуальным решениям. ИИ становится системообразующей технологией ИАПК, обеспечивая переход от простого сбора данных к их интеллектуальной обработке и принятию оптимальных решений.

4.1. Предиктивная аналитика и оптимизационное моделирование в растениеводстве:

- прогнозирование урожайности и качества. Использование ансамблевых моделей машинного обучения (Random Forest, Gradient Boosting), глубоких нейронных сетей (CNN, RNN) для анализа многолетних данных (спутниковые снимки высокого разрешения — Sentinel,

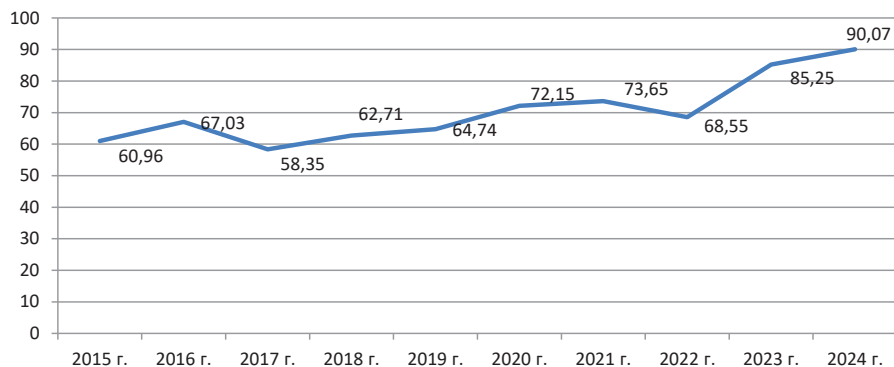


Рисунок 7. Динамика курса рубля к доллару США в 2014-2024 гг.

Figure 7. Russian Ruble to US Dollar Exchange Rate Dynamics for the 2014-2024 Period

Источник: Ruxpert [11].

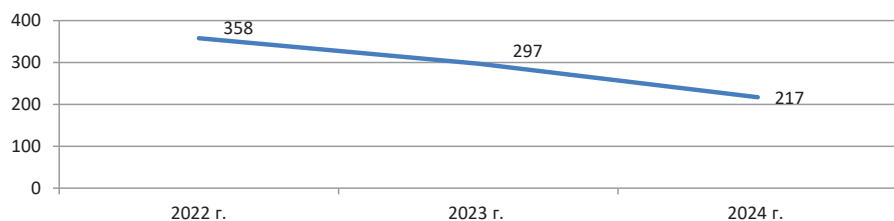


Рисунок 8. Динамика экспортных цен на российскую пшеницу, долл. США/т

Figure 8. Export Price Dynamics for Russian Wheat, USD/t

Источник: tadviser [19].

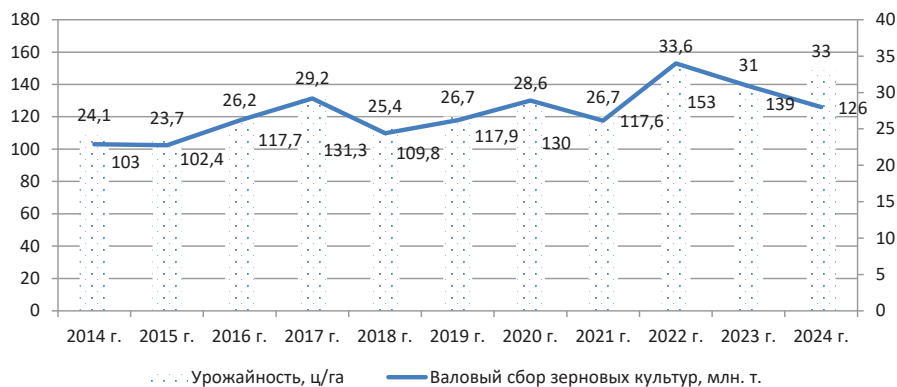


Рисунок 9. Валовый сбор и урожайность зерновых культур в РФ

Figure 9. Gross Harvest and Yield of Grain Crops in the Russian Federation

Источник: Росстат [15].

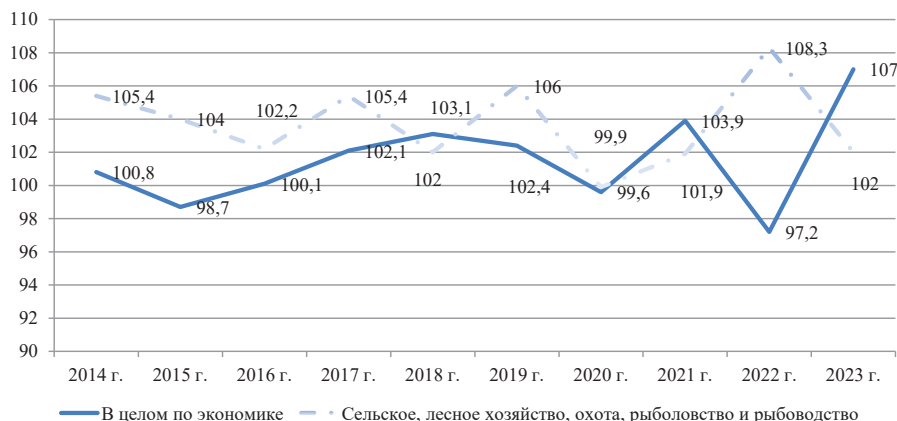


Рисунок 10. Индекс производительности труда в экономике РФ, в % к предыдущему году

Figure 10. Labor Productivity Index in the Economy of the Russian Federation, % year-on-year

Источник: Росстат [16].





Landsat, PlanetScope; метеоданные; данные с почвенных сенсоров; история полей) позволяет с точностью до 85-95% прогнозировать урожайность за 1-2 месяца до уборки. Это критично для планирования логистики, маркетинговых стратегий и управления финансовыми потоками. Компании, такие как «Agriitecture» (www.agriitecture.com), ООО «Айтисфера» (www.exactfarming.com), Taranis (www.taranis.com) и многие другие, активно развивают эти направления;

- оптимизация севооборотов и структуры посевных площадей. ИИ-алгоритмы могут рекомендовать оптимальные севообороты с учетом влияния культур-предшественников, фитосанитарного состояния, экономической целесообразности и требований рынка;
- дифференцированное внесение ресурсов (VRA — Variable Rate Application). На основе карт неоднородности полей, созданных с помощью ИИ (анализ данных NDVI, электропроводности почвы, рельефа), системы точного земледелия обеспечивают внесение удобрений, семян и СЗР именно там, где это необходимо и в нужных дозах. Это не только экономит ресурсы, но и снижает экологическую нагрузку.

4.2. ИИ в управлении затратами, рисками и финансовой эффективностью:

- динамический анализ себестоимости и рентабельности. ИИ-платформы, интегрированные с ERP-системами и данными с полей (например, расход топлива по Рис. 4), позволяют в режиме реального времени отслеживать формирование себестоимости по каждому полю и культуре, выявлять неэффективные операции и оптимизировать затраты;
- предиктивное моделирование рыночных цен. Анализ фьючерсных рынков, глобальных балансов спроса и предложения (данные USDA, FAO), макроэкономических индикаторов и геополитических событий с помощью ИИ помогает прогнозировать ценовую динамику (Рис.8) и выбирать оптимальные моменты для продажи зерна;
- интеллектуальное управление агрострахованием. ИИ позволяет более точно оценивать риски (засуха, град, болезни растений) и формировать персонализированные страховые продукты, а также автоматизировать процесс урегулирования убытков с использованием данных спутникового мониторинга и БПЛА.

4.3. Интеллектуализация агрологистики и цепочек поставок:

- оптимизация маршрутов и графиков движения техники. ИИ-алгоритмы (например, вариации «задачи коммивояжера») позволяют строить оптимальные маршруты для сельхозтехники на полях и для транспорта при перевозке урожая, минимизируя пробеги и расход ГСМ;
- управление запасами и качеством хранения. IoT-датчики в элеваторах и хранилищах передают данные о температуре, влажности, содержании CO₂. ИИ анализирует эти данные, прогнозирует риски порчи продукции и дает рекомендации по режимам хранения или необходимости срочной реализации;
- блокчейн для прослеживаемости и прозрачности. Технология распределенного реестра обеспечивает неизменную запись всей истории продукта «от поля до прилавка», повышая доверие потребителей и упрощая сертификацию (например, для органической продукции).

4.4. ИИ в селекции, генетике и защите растений:

- ускорение селекционного процесса (Phenomics & Genomics). ИИ используется для анализа геномных данных и высокопроизводительного фенотипирования (автоматическая оценка признаков растений с помощью компьютерного зрения), что позволяет значительно сократить сроки создания новых, более продуктивных и устойчивых сортов;
- ранняя диагностика болезней и вредителей. Системы компьютерного зрения, установленные на БПЛА или наземных роботах, способны распознавать ранние признаки заболеваний или появления вредителей, позволяя провести точечные защитные мероприятия до массового распространения.
- интеллектуальное управление водными ресурсами. ИИ анализирует данные о влажности почвы, прогнозе погоды, фазе развития растений и управляет системами капельного орошения, подавая воду точно по потребности растений.

4.5. Роботизация и автономные системы в ИАПК:

- беспилотные тракторы и комбайны. Решения от «Cognitive Pilot» (www.cognitivepilot.com) позволяют автоматизировать рутинные полевые операции, работать круглосуточно, снижать зависимость от дефицита квалифицированных механизаторов и повышать точность работ;
- роботы для специфических задач. Роботы для прополки, сбора урожая (особенно для овощей и фруктов), ухода за животными. Хотя в зерноводстве это менее выражено, технологии развиваются.

5. Барьеры и вызовы на пути формирования ИАПК в России: многоаспектный анализ.

Несмотря на очевидный потенциал, переход к ИАПК сопряжен со значительными трудностями.

5.1. Технологические барьеры:

- недостаточная стандартизация и интероперабельность различных цифровых решений и оборудования от разных производителей;
- проблемы кибербезопасности. Уязвимость данных и систем управления к кибератакам;
- зависимость от импортных технологий по ряду критических направлений (микроэлектроника, некоторые виды ПО).

5.2. Экономические барьеры:

- высокая первоначальная стоимость внедрения ИИ-решений, роботизированной техники, сенсорных сетей;
- длительные сроки окупаемости инвестиций, особенно для малых и средних хозяйств;
- ограниченный доступ к финансированию (дорогие кредиты, недостаток венчурного капитала в AgriTech).

5.3. Инфраструктурные ограничения:

- неравномерное и зачастую недостаточное покрытие сельских территорий высокоскоростным интернетом (особенно мобильным), что критично для IoT и облачных сервисов;
- недостаток мощностей для хранения и обработки больших данных на региональном уровне.

5.4. Кадровые проблемы:

- острый дефицит специалистов с междисциплинарными компетенциями (агрономия + ИТ + анализ данных);
- низкий уровень цифровой грамотности у части работников АПК;

- необходимость перестройки системы аграрного образования и создания программ непрерывного обучения.

5.5. Нормативно-правовые и регуляторные барьеры:

- отсутствие или неполнота нормативной базы для использования беспилотной техники, оборота данных, применения ИИ;
- сложности с сертификацией новых цифровых продуктов и технологий;
- вопросы владения и использования данных, собранных на полях сельхозпроизводителей.

5.6. Социально-психологические и организационные барьеры:

- консерватизм и инертность части руководителей и специалистов АПК, недоверие к новым технологиям;
- боязнь потери рабочих мест в результате автоматизации;
- необходимость изменения организационной культуры и бизнес-процессов на предприятиях.

6. Государственная политика и стратегическое планирование: создание благоприятной экосистемы для ИАПК.

Формирование ИАПК требует проактивной и комплексной государственной политики. Сегодня развитие агропромышленного комплекса и декларируемые государством меры его поддержки осуществляются на основе реализуемых государственных программ, а также Доктрины продовольственной безопасности [1]. Государственная поддержка агропромышленного комплекса в России осуществляется через различные программы субсидий, налоговых льгот и кредитных линий. Существующие меры поддержки АПК, отраженные в таблице 1, нуждаются в существенной адаптации.

Анализ текущих государственных инициатив и программ: существуют федеральные проекты «Цифровое сельское хозяйство», программы поддержки НИОКР и субсидирования приобретения техники. Однако их эффективность часто снижается из-за недостаточной координации, бюрократических процедур и слабого фокуса на прорывных ИИ-решениях.

6.2. Предложения по совершенствованию механизмов государственной поддержки:

- создание национальной платформы ИАПК. Интегрированная цифровая экосистема, объединяющая данные государственных информационных систем (Росреестр, Росгидромет, Минсельхоз и др.), предоставляющая открытые API для разработчиков ИИ-сервисов и аналитические инструменты для аграриев;
- целевое субсидирование НИОКР и внедрения ИИ. Гранты и налоговые льготы для компаний, разрабатывающих и внедряющих отечественные ИИ-решения, роботизированные системы, IoT-платформы. Фокус на решениях с высоким потенциалом импортозамещения и экспортной конкурентоспособности;
- развитие цифровой инфраструктуры в сельской местности. Программы по обеспечению 100% покрытия сельхозугодий широкополосным доступом в интернет (включая стандарты 5G и специализированные сети для IoT);
- кадровая политика для ИАПК. Реформа аграрного образования с упором на data science, ИИ, робототехнику. Создание центров компетенций и программ переподготовки. Поддержка AgriTech-стартапов и акселераторов;



Таблица 1. Индикативные показатели государственной поддержки АПК
Table 1. Indicative Indicators of State Support for the Agro-Industrial Complex

Цель	Индикаторы	Индикативные показатели	
		Проектный 2025 г.	Базовый 2017 г.
Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия			
Рост экспорта продукции АПК	Темп роста экспорта, %	210,6	100,0
Увеличение инвестиций в основной капитал АПК	Индекс физического объема инвестиций в основной капитал, %	121,8	100,0
Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства			
Обеспечение стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции, полученной за счет современных достижений научно-технического прогресса	Повышение инновационной активности в сельском хозяйстве, %	30	0
	Инвестиции в сельское хозяйство, тыс. руб.	3 123 330	870 130
	Повышение уровня обеспеченности агропромышленного комплекса объектами инфраструктуры, %	25	0
	Обеспечение АПК программами подготовки кадров по новым и перспективным направлениям подготовки и специальностям, %	100	0

Источник: Вестник воронежского государственного университета [9].

- совершенствование нормативно-правовой базы. Ускоренная разработка и принятие законов и стандартов, регулирующих использование беспилотной техники, оборот агродронов, применение ИИ в критически важных системах;
- стимулирование кооперации и консорциумов. Поддержка создания отраслевых консорциумов для совместной разработки и внедрения ИИ-технологий, обмена данными и лучшими практиками.

6.3. Роль государственно-частного партнерства (ГЧП) в развитии ИАПК. Проекты ГЧП могут быть эффективны при создании дорогостоящей инфраструктуры (например, региональные дата-центры для АПК, сети метеостанций и почвенных сенсоров), а также в реализации пилотных проектов по внедрению комплексных ИИ-решений на базе крупных агрохолдингов или кооперативов.

6.4. Международное сотрудничество и трансфер технологий. Несмотря на санкции, необходимо искать возможности для научного и технологического сотрудничества с дружественными странами, активно развивающими ИИ в АПК (например, Китай, Индия, Бразилия, страны ЕАЭС). Адаптация лучших мировых практик и технологий к российским условиям.

7. Оценка потенциальных социально-экономических и экологических эффектов от внедрения ИАПК.

Масштабное внедрение ИАПК способно произвести кумулятивный эффект:

- Экономические эффекты:
 - рост производительности труда в АПК на 50-70% в течение 10-15 лет;
 - снижение себестоимости производства зерна на 15-25%;
 - увеличение валового сбора зерна на 20-30% без существенного расширения посевных площадей (за счет роста урожайности и снижения потерь);
 - рост экспорта зерна и продуктов его глубокой переработки;
 - увеличение налоговых поступлений от АПК;
 - развитие смежных отраслей (ИТ, машиностроение для АПК, биотехнологии).
- Социальные эффекты:
 - повышение уровня доходов работников АПК, занятых на высокотехнологичных участках;

- улучшение условий труда, снижение травматизма;
- повышение престижа аграрных профессий;
- потенциальное высвобождение части работников, занятых низкоквалифицированным трудом, что требует превентивных мер (переобучение, программы поддержки занятости в сельской местности);
- улучшение качества жизни в сельской местности за счет развития цифровой инфраструктуры.
- Экологические эффекты:
 - снижение выбросов парниковых газов от АПК на 10-15% за счет оптимизации использования техники и азотных удобрений;
 - сокращение использования пестицидов на 20-40% благодаря точному внесению и ранней диагностике;
 - экономия водных ресурсов в орошаемом земледелии до 50%;
 - сохранение и восстановление почвенного плодородия;
 - развитие органического сельского хозяйства на базе ИИ-технологий.

Для более точной оценки необходимы специализированные эконометрические модели, учитывающие региональные особенности и сценарии внедрения ИАПК.

8. **Выводы:** ИАПК как стратегический вектор развития российского АПК в XXI веке.

Формирование интеллектуального агропромышленного комплекса является не просто модным технологическим трендом, а объективной необходимостью и стратегическим императивом для обеспечения долгосрочной конкурентоспособности, устойчивости и продовольственного суверенитета российского АПК, особенно его зернового ядра. Переход к ИАПК — это сложный, капиталоемкий и длительный процесс, требующий системных усилий со стороны государства, бизнеса, науки и общества.

Проведенный междисциплинарный анализ позволил выявить ключевые детерминанты, возможности и риски этого перехода. Искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей и роботизированные системы способны кардинально трансформировать все аспекты аграрного производства — от генетики и селекции до логистики и сбыта, обеспечивая значи-

тельный рост эффективности, снижение издержек и минимизацию экологических рисков.

Однако реализация этого потенциала невозможна без преодоления существующих барьеров — технологических, экономических, инфраструктурных, кадровых и нормативно-правовых. Ключевую роль в этом процессе должна сыграть проактивная и научно-обоснованная государственная политика, направленная на создание благоприятной инновационной экосистемы, стимулирование инвестиций в AgriTech, развитие цифровой инфраструктуры и подготовку кадров новой формации.

И создание именно ИАПК — не просто «умного» АПК или цифровой версии АПК 4.0, а новой системной сущности, где Интеллектуальная информационно-управляющая подсистема является неотъемлемым, структурообразующим элементом, обеспечивающим синергетическое взаимодействие с агробиологической и техно-производственной подсистемами, приведет к фундаментальному позитивному изменению парадигмы аграрного производства и управления.

Научная новизна исследования заключается в авторском теоретико-методологическом обосновании концепции Интеллектуального агропромышленного комплекса (ИАПК), определенного как качественно новый тип интегративной киберфизической системы, основанной на триединстве глубоко интегрированных агробиологической, техно-производственной и интеллектуальной информационно-управляющей подсистем, а также в комплексном теоретико-методологическом обосновании концепции ИАПК как основы сбалансированной аграрной политики применительно к российским условиям, в углубленном анализе многофакторного влияния на зерновой подкомплекс, в систематизации барьеров цифровой трансформации АПК и в разработке предложений по формированию адаптивной модели государственного регулирования и поддержки ИАПК.

Практическая значимость работы состоит в том, что её результаты и рекомендации могут быть использованы федеральными и региональными органами власти при разработке стратегий и программ формирования Интеллектуального агропромышленного комплекса (ИАПК), агробизнесом — при планировании инвестиций в интеллектуальные цифровые технологии, научными и образовательными учреждениями — при формировании исследовательских повесток и обновлении учебных программ в соответствии с актуальной ИАПК.

Направления дальнейших исследований могут включать: разработку эконометрических моделей для оценки мультипликативных эффектов от внедрения ИАПК на региональном и отраслевом уровнях; исследование этических и социальных последствий роботизации и применения искусственного интеллекта в рамках ИАПК; разработку механизмов трансфера и адаптации лучших мировых практик создания ИАПК; анализ влияния ИАПК на глобальные продовольственные цепочки и международную торговлю.

Россия обладает значительным потенциалом для создания одного из самых передовых интеллектуальных агропромышленных комплексов в мире. Реализация этого потенциала станет залогом не только процветания отечественного ИАПК, но и весомым вкладом в решение глобальной проблемы продовольственной безопасности.





Список источников

1. Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения: 17.07.2025).
2. Алтухов А.И. Продовольственная безопасность страны: состояние и неотложные задачи по ее обеспечению // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2022. № 1. С. 2-11.
3. Ариничев И.В. Концептуально-методический подход к разработке циклической модели интеллектуального управления производством зерна // Вестник Мариинского государственного университета. Серия Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2024. № 3. [Электронный ресурс]. <http://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualno-metodicheskii-podhod-k-razrabotke-tsiklichnoy-modeli-intellektualnogo-upravleniya-proizvodstvom-zerna> (дата обращения: 16.05.2025);
4. Баутин В.М., Латышева А.И. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве: возможности и риски // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 3 (381). С. 18-23.
5. Вертакова Ю.В., Булгакова И.Н., Дин Шуи. Методы и инструменты цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса в условиях индустрии 4.0 // π-Economy. 2023. № 5. [Электронный ресурс]. <http://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-instrumenty-tsifrovoy-transformatsii-predpriyatiy-agropromyslennogo-kompleksa-v-usloviyah-industrii-4-0> (дата обращения: 16.05.2025).
6. Генералов И.Г. Концептуальные основы цифровой трансформации производства зерна // Вестник НГИЭИ. 2024. № 12 (163). [Электронный ресурс]. <http://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnye-osnovy-tsifrovoy-transformatsii-proizvodstva-zerna> (дата обращения: 16.05.2025).
7. Министерство финансов Российской Федерации. Ежемесячные значения объема государственного внутреннего долга. [Электронный ресурс]. http://minfin.gov.ru/ru/performance/public_debt/internal/ (дата обращения: 16.05.25).
8. Попова Л.В., Лата М.С., Мелихов П.А. Диффузия аграрных инноваций в условиях трансформации региональной экономики к новому технологическому укладу // ЕГИ. 2023. № 4 (48). [Электронный ресурс]. <http://cyberleninka.ru/article/n/diffuziya-agrarnykh-innovatsiy-v-usloviyah-transformatsii-regionalnoy-ekonomiki-k-novomu-tehnologicheskomu-ukladu> (дата обращения: 16.05.2025);
9. Самарина В.П. Обзор методов государственной поддержки агропромышленного комплекса и перспективы сельскохозяйственного производства в условиях нового кризиса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (69). С. 88.
10. Скворцов Е.А., Скворцова Е.Г., Санду И.С., Иовлев Г.А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям // Экономика региона. 2018. Т. 14, вып. 3. С. 1014-1028.
11. Ruxpert. Статистика: История курса доллара к рублю. http://ruxpert.ru/Статистика:История_курса_доллара_к_рублю (дата обращения: 27.09.2025).
12. Klerkx L., Jakku E., & Labarthe P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences, 90-91, 100315.
13. StatBureau. Таблицы месячной и годовой инфляции в России. [Электронный ресурс]. <http://www.statbureau.org/ru/russia/inflation-tables> (дата обращения: 27.09.2025).

Информация об авторах:

- Алтухов Павел Леонидович**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0053-2889>, plalt@mail.ru
- Ефимова Светлана Борисовна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9286-6762>, Efimovas@rambler.ru
- Мартынович Вадим Иванович**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9617-6080>, martynovich@list.ru
- Муравлёва Татьяна Виталиевна**, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0632-0270/57214225199/2040-0590>, Tanyam.07@mail.ru

Information about the authors:

- Pavel L. Altuhov**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0053-2889>, plalt@mail.ru
- Svetlana B. Efimova**, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9286-6762>, Efimovas@rambler.ru
- Vadim I. Martynovich**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9617-6080>, martynovich@list.ru
- Tatyana V. Muravlyova**, doctor of economic sciences, professor, head of the department of economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0632-0270/57214225199/2040-0590>, Tanyam.07@mail.ru

14. Труфляк Е.В. Цифровизация как фактор инновационного развития сельского хозяйства // Экономика и управление: проблемы, решения. 2021. Т. 3. № 12 (120). С. 105-113.
15. Zerno.ru. Уборка урожая зерновых и зернобобовых по областям РФ на 26 сентября 2024 года. [Электронный ресурс]. <http://zerno.ru/node/26772> (дата обращения: 27.09.2025).
16. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Производительность труда. [Электронный ресурс]. <http://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 16.05.25).
17. Inflatio. Цены на дизтопливо и бензин в России. [Электронный ресурс]. <http://inflatio.ru/96-ceny-na-benzin-i-diztoplivu-v-rossii-infljacija-i-statistika.html> (дата обращения: 27.07.2025).
18. Центральный банк Российской Федерации. Ключевая ставка Банка России и инфляция. [Электронный ресурс]. http://cbr.ru/hd_base/inf/ (дата обращения: 16.05.25).
19. Экспорт и импорт зерна в России. [Электронный ресурс]. http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Экспорт_и_импорт_зерна_в_России (дата обращения: 27.09.2025).
20. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.J. (2017). Big data in smart farming—a review. Agricultural Systems, 153, 69-80.

References

1. Ukaz Prezidenta RF ot 21 yanvaria 2020 g. № 20 «Ob utverzhdenii Doktriny prodovolstvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federacii» [Decree of the President of the Russian Federation No. 20 of January 21, 2020 «On Approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation»]. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (accessed 17 July 2025).
2. Altuhov A.I. (2022) *Prodovolstvennaya bezopasnost strany: sostoyaniye i neotlozhnye zadachi po ee obespecheniyu* [Food Security of the Country: Current State and Urgent Measures to Ensure It]. Economics of Agricultural and Processing Enterprises, no. 1, pp. 2-11.
3. Arinichev I.V. (2024) *Kontseptualno-metodicheskii podhod k razrabotke ciklichnoi modeli intellektualnogo upravleniya proizvodstvom zerna* [Conceptual and methodological approach to developing a cyclical model of intelligent grain production management]. Bulletin of the Mari State University. Series «Agricultural Sciences. Economic Sciences», no. 3. <http://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualno-metodicheskii-podhod-k-razrabotke-tsiklichnoy-modeli-intellektualnogo-upravleniya-proizvodstvom-zerna> (accessed: 16.05.2025);
4. Baturin V.M., Latysheva A.I. (2021). *Iskusstvennyi intellekt v selskom khoziaistve* [Artificial Intelligence in Agriculture: Opportunities and Risks]. International Agricultural Journal, no. 3 (381), pp. 18-23.
5. Vertakova Yu.V., Bulgakova I.N. & Din, Shui (2023). *Metody i instrumenty tsifrovoy transformatsii predpriyatiy agropromyslennogo kompleksa v usloviyakh industrii 4.0* [Methods and tools of digital transformation of agricultural enterprises in the context of industry 4.0]. π-Economy, no. 5. <http://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-instrumenty-tsifrovoy-transformatsii-predpriyatiy-agropromyslennogo-kompleksa-v-usloviyah-industrii-4-0> (accessed: 16.05.2025).
6. Generalov I.G. (2024). *Kontseptualnye osnovy tsifrovoy transformatsii proizvodstva zerna* [Conceptual foundations of digital transformation of grain production]. Vestnik NGIEI, no. 12 (163). <http://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnye-osnovy-tsifrovoy-transformatsii-proizvodstva-zerna> (accessed: 16.05.2025).

7. Ministry of Finance of the Russian Federation. *Ezhemesyachnye znacheniya ob'ema gosudarstvennogo vnutrennego dolga* [Monthly values of the volume of the state internal debt]. http://minfin.gov.ru/ru/performance/public_debt/internal (accessed: 16.05.2025).
8. Popova L.V., Lata M.S. & Melikhov P.A. (2023). *Diffuziya agrarnykh innovatsiy v usloviyakh transformatsii regional'noy ekonomiki k novomu tekhnologicheskomu ukkladu* [Diffusion of agrarian innovations in the context of the transformation of the regional economy to a new technological structure]. EGI, no. 4 (48). <http://cyberleninka.ru/article/n/diffuziya-agrarnykh-innovatsiy-v-usloviyah-transformatsii-regionalnoy-ekonomiki-k-novomu-tehnologicheskomu-ukladu> (accessed: 16.05.2025).
9. Samarina V.P. (2021). *Obzor metodov gosudarstvennoy podderzhki agropromyshlennogo kompleksa i perspektivy sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva v usloviyakh novogo krizisa* [Review of methods of state support for the agro-industrial complex and prospects for agricultural production in the context of a new crisis]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, no. 2 (69), p. 88.
10. Skvortsov E.A., Skvortsova E.G., Sandu I.S. & Iovlev G.A. (2018). *Perekhod selskogo khoziaistva k tsifrovym, intellektual'nym i robotizirovannym tekhnologiyam* [Transition of agriculture to digital, intelligent and robotic technologies]. Ekonomika regiona, vol. 14, no. 3, pp. 1014-1028.
11. Ruxpert (2025). *Statistika: Istoriya kursa dollara k rublyu* [Statistics: History of the dollar to ruble exchange rate]. http://ruxpert.ru/Статистика:История_курса_доллара_к_рублю (accessed: 27.09.2025).
12. Klerkx L., Jakku E. & Labarthe P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences, vol. 90-91, 100315.
13. StatBureau (2025). *Tablitsy mesyachnoy i godovoy infljatsii v Rossii* [Tables of monthly and annual inflation in Russia]. <http://www.statbureau.org/ru/russia/inflation-tables> (accessed: 27.09.2025).
14. Truflyak E.V. (2021). *Tsifrovizatsiya kak faktor innovatsionnogo razvitiya selskogo khoziaistva* [Digitalization as a factor of innovative development of agriculture]. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya, vol. 3, no. 12 (120), pp. 105-113.
15. Zerno.ru (2024). *Ubrochnaya kampaniya 2024: uborka uroznya zernovykh i zernobobovykh po oblastyam RF na 26 sentyabrya 2024 goda* [Harvesting campaign 2024: harvesting of cereals and legumes by regions of the Russian Federation on 26 September 2024]. <http://zerno.ru/node/26772> (accessed: 27.09.2025).
16. Federal State Statistics Service (Rosstat) (n.d.). *Proizvoditel'nost' truda* [Labor productivity]. <http://rosstat.gov.ru/folder/11186> (accessed: 16.05.2025).
17. Inflatio (2025). *Tseny na diztoplivu i benzin v Rossii* [Prices for diesel and gasoline in Russia]. <http://inflatio.ru/96-ceny-na-benzin-i-diztoplivu-v-rossii-infljacija-i-statistika.html> (accessed 27.07.2025).
18. Central Bank of the Russian Federation (2025). *Klyuchevaya stavka Banka Rossii i infljatsiya* [Key rate of the Bank of Russia and inflation]. http://cbr.ru/hd_base/inf/ (accessed: 16.05.2025).
19. Tadviser (2025). *Eksport i import zerna v Rossii* [Export and import of grain in Russia]. http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Экспорт_и_импорт_зерна_в_России (accessed 27.09.2025).
20. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. & Bogaardt, M.J. (2017). Big data in smart farming—a review. Agricultural Systems, vol. 153, pp. 69-80.