

ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Конькова Н.Е., к.э.н., доцент,
Уфимский юридический институт МВД России, г. Уфа, Россия

Аннотация. В статье анализируются ключевые тренды цифровизации агропромышленного комплекса России на 2025-2026 годы. Исследуется переход от автоматизации отдельных процессов к созданию комплексных киберфизических систем. Особое внимание уделено интеграции искусственного интеллекта, роботизированных платформ, цифровых двойников и технологий интернета вещей. Доказана эффективность платформ с замкнутым циклом управления для создания автономных агроэкосистем.

Ключевые слова: цифровизация агропромышленного комплекса, искусственный интеллект, роботизация, цифровые двойники, интернет вещей, точное земледелие, автономные системы, AgriTech.

Современный этап технологической революции в агропромышленном комплексе (далее – АПК) характеризуется переходом от автоматизации отдельных процессов к созданию комплексных киберфизических систем. В 2025-2026 годах ожидается качественный скачок в интеграции цифровых решений, что позволит перейти от реактивного

управления к предиктивному и проактивному. Цифровизация становится ключевым фактором обеспечения продовольственной безопасности, устойчивого развития и конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий в условиях растущей волатильности рынков и климатических изменений.

Так, искусственный интеллект трансформируется из вспомогательного инструмента в основу системы принятия управленческих решений. Анализируя гетерогенные данные (погодные условия, состояние почвы, спутниковые снимки, рыночные цены), алгоритмы искусственного интеллекта (далее – ИИ) позволяют перейти к точному прогнозированию [4].

Интеграция ИИ и предиктивной аналитики формирует новую парадигму управления АПК, основанную на проактивном принятии решений. Ключевые направления данной трансформации включают:

1. Прогнозирование урожайности и качества продукции. Современные алгоритмы машинного обучения позволяют прогнозировать не только объемы производства, но и качественные характеристики урожая. Анализ вегетационных индексов и микроклиматических данных обеспечивает точное планирование маркетинговых и логистических операций;
2. Предиктивная защита растений. Системы на основе ИИ анализируют спутниковые снимки, метеоданные и историческую информацию для выявления зон риска распространения болезней и вредителей. Это позволяет реализовать точечное применение средств защиты, снижая пестицидную нагрузку и производственные издержки;

3. Оптимизация логистических цепочек. Предиктивные модели используют данные о состоянии урожая, погодных условиях и рыночной конъюнктуре для определения оптимальных сроков уборки и отгрузки продукции. Это минимизирует логистические затраты и потери, синхронизируя производственные и рыночные процессы.

Данные направления демонстрируют значительный потенциал для трансформации управления АПК за счет перехода от реактивных к проактивным бизнес-моделям.

Технологическая модернизация АПК сегодня также характеризуется переходом от эпизодического применения роботизированных прототипов к развертыванию интегрированных парков автономной техники, функционирующей в режиме ограниченного человеческого вмешательства. Данная трансформация предполагает создание многоуровневых киберфизических систем, объединяющих мобильные robotic-платформы, беспилотную наземную и воздушную технику в единый производственный контур, управляемый централизованными системами контроля и анализа.

Практическая реализация указанного тренда находит свое выражение в следующих формах:

1. Специализированные роботизированные агроплатформы: речь идет о компактных автономных устройствах, предназначенных для выполнения высокоточных операций в условиях интенсивного растениеводства, таких как садоводство и

овощеводство. Их функционал включает селективную механическую прополку, дифференцированное внесение удобрений и адресный сбор урожая, что позволяет минимизировать использование ручного труда и обеспечить индивидуальный подход к каждому растению;

2. Кооперативные системы беспилотной сельскохозяйственной техники: когорты автономных комбайнов и тракторов, взаимодействующие по принципу «роя» под управлением единой диспетчерской платформы, представляют собой качественно новый уровень механизации. Такая организация работ позволяет одному оператору осуществлять координацию деятельности множества единиц техники, что приводит к значительному повышению производительности, оптимизации маршрутов и сокращению эксплуатационных расходов;

3. Многофункциональные беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА). Воздушные robotic-системы эволюционируют от инструментов мониторинга до универсальных исполнительных модулей. Современные БПЛА способны не только проводить детальную аэрофотосъемку, но и осуществлять прецизионное опрыскивание, высев семян на труднодоступных участках, а в перспективе – и механическое опыление культур, демонстрируя тем самым значительный потенциал для автоматизации широкого спектра полевых операций.

Фундаментальным направлением цифровизации АПК является разработка и внедрение цифровых двойников – динамических виртуальных моделей, с высокой точностью воспроизводящих физические объекты и процессы сельскохозяйственного производства. Эти модели, интегрирующие данные от почвенных сенсоров, метеостанций, спутникового мониторинга и бортовых компьютеров техники, создают целостный цифровой образ предприятия – от геофизических характеристик полей и биофизического состояния каждого растения до физиологических параметров животных и эксплуатационных показателей техники.

Современные агропредприятия все чаще используют системы тотального контроля на основе интернета вещей (IoT), которые позволяют отслеживать каждый этап производства с помощью сети умных датчиков – от прорастания семени до хранения готовой продукции.

Практическая реализация технологии раскрывается в следующих направлениях:

1. Прецизионный мониторинг фитосанитарного состояния посевов. Распределенные сенсорные сети позволяют отслеживать в режиме реального времени не только базовые параметры почвы, но и биофизические показатели самих растений – температуру листовой поверхности, уровень гидротермического стресса и содержание хлорофилла. Это создает основу для ранней диагностики нарушений в развитии культур и адресного применения агротехнологических мероприятий;
2. Системы контроля физиологического состояния животных. Интеграция IoT-сенсоров в ошейники и желудочные болюсы обеспечивает постоянный мониторинг ключевых показателей здоровья скота – двигательной активности, сердечного ритма, температуры тела и особенностей пищевого поведения. Анализ этих данных позволяет выявлять заболевания на доклинической стадии, оптимизировать схемы кормления и повышать общую продуктивность поголовья;
3. Интеллектуальные системы управления послеуборочной обработкой и хранением. В логистической и складской инфраструктуре АПК развертываются сети датчиков, отслеживающих критические параметры хранящейся продукции – температурно-влажностный режим, концентрацию углекислого газа и кислорода. Это обеспечивает возможность предиктивного управления системами активного вентилирования и своевременного предотвращения процессов порчи, существенно сокращая послеуборочные потери.

Таким образом, технологии интернета вещей трансформируют традиционные подходы к мониторингу в АПК, обеспечивая переход от эпизодического контроля к комплексной системе управления на основе данных, передаваемых через специализированные сети связи в облачные аналитические платформы.

Немаловажным остается устойчивое развитие (ESG) и точное земледелие. Практическая реализация принципов устойчивого развития в АПК достигается через внедрение следующих технологических решений.

Так, в области экологического менеджмента ключевое значение приобретает система карбонового учета, позволяющая проводить точную оценку углеродного следа сельскохозяйственного предприятия. На основе интеграции данных дистанционного зондирования и алгоритмов ИИ осуществляется расчет углеродного баланса, что создает основу для формирования углеродных кредитов и участия в международных климатических программах.

Технологии ресурсосберегающего земледелия обеспечивают минимизацию антропогенного воздействия на агроценозы. Посредством прецизионного внесения средств защиты растений и удобрений достигается значительное снижение химической нагрузки на почвенно-водные комплексы, что способствует сохранению биоразнообразия и повышению экологической устойчивости агроландшафтов.

Решение задач рационального водопользования реализуется через развертывание систем точного орошения. Анализ данных с IoT-датчиков о влажности почвы и состоянии растений позволяет оптимизировать поливные режимы, что обеспечивает экономию водных ресурсов до 30% при одновременном поддержании продуктивности сельскохозяйственных культур.

В качестве новейшего тренда в цифровизации растениеводства подробнее рассмотрим платформу, построенную вокруг концепции цифрового двойника хозяйства (Digital Farm Twin) с системой замкнутого цикла управления (closed-loop control system).

В отличие от классических систем управления, которые предоставляют данные для принятия решений человеком, данная платформа самостоятельно формирует и исполняет агротехнологические предписания.

Ключевые технологические компоненты:

1. Динамический цифровой двойник поля. Это не статичная карта, а живая, постоянно обновляемая модель, которая в режиме, близком к реальному времени, аккумулирует данные из гетерогенных источников: спутниковых и БПЛА-снимков (мульти- и гиперспектральных), сети IoT-датчиков в почве и на технике, метеостанций и дронов-скаутов.
2. Система предиктивной аналитики и принятия решений. На основе цифрового двойника алгоритмы машинного обучения прогнозируют развитие агроценоза и формируют прескриптивные карты задач. Эти карты содержат не данные для анализа,

а готовые команды для исполнительных систем:

- карта дифференцированного внесения удобрений: с указанием точных координат, норм и состава туков;

- карта точечной обработки пестицидами: идентифицируются конкретные сорняки или очаги болезней, и система рассчитывает тип и дозу средств защиты растений только для них;

- карта оптимизированного полива: с учетом прогноза погоды и реального влагообеспечения растений.

3. Автономное исполнение через технику с автопилотом. Сформированные карты задач в автоматическом режиме передаются на сельскохозяйственную технику (тракторы, опрыскиватели), оснащенную системами автопилота. Техника выполняет операции точно и в соответствии с цифровым планом, без вмешательства оператора, который выполняет лишь функцию контроля;

4. Обратная связь и самообучение системы. После выполнения операции система снова проводит мониторинг (например, запускается дрон для съемки) и сравнивает фактическое состояние поля с прогнозируемым, что позволяет верифицировать эффективность принятых решений и дообучать алгоритмы, постоянно повышая точность модели [5].

Научно-практическая значимость заключается в следующем:

1. Переход от поддержки решений к автономии: платформа эволюционирует от

инструмента аналитики в виртуального агронома-оператора, что кардинально снижает когнитивную нагрузку на человека и влияние человеческого фактора;

2. Максимизация ресурсной эффективности: обеспечивается принципиально новый уровень экономии средств защиты растений, удобрений, топлива и воды за счет исключения «перестраховки» и работы строго по нормам, рассчитанным ИИ для каждого квадратного метра;

3. Формирование «цифрового слепок» технологии: все действия системы документируются, создавая идеально воспроизводимый цифровой протокол для каждого поля, что бесценно для анализа, аудита и передачи знаний.

Таким образом, платформы на основе цифрового двойника с замкнутым контуром управления представляют собой не следующее поколение CRM, а качественный скачок к созданию автономных, самооптимизирующихся агроэкосистем.

Литература

1. Абдрахманова Г.И. Цифровая экономика: 2023: Краткий статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский [и др.]. – Москва: Высшая школа экономики. – 2023. – 120 с.
2. Гидравлический автопилот для трактора COGNITIVE AGRO PILOT // Cognitive Pilot. – URL: <https://cognitivepilot.com/products/cognitive-agro-pilot/> (дата обращения: 10.11.2025).

3. Конькова Н.Е. Цифровизация как фактор повышения эффективности работы сельскохозяйственных предприятий // Евразийское пространство: экономика, право, общество. – 2025. – №8. – С. 29-31.

4. Петров К.А. Цифровая трансформация сельского хозяйства: от точного земледелия к умным агроэкосистемам. – М.: Агропромиздат, 2024. – 234 с.

5. Смирнова И.В., Козлов Д.П. Цифровые двойники в АПК: теория и практика // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2024. – № 5.
–
С. 44-51.