

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ЧАСТИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Каушлиева С. Г.<sup>1</sup>

Научный руководитель – канд. соц. наук, практик Чупин Р. И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

sofia\_kaush@inbox.ru

### Введение

Агропромышленный комплекс характеризуется высокой зависимостью от климатических факторов, ценовой волатильности и ограниченности оборотного капитала. В условиях сезонности производства традиционные методы бюджетирования и планирования, основанные на экспертных оценках, демонстрируют низкую адаптивность и не обеспечивают сценарный анализ. В мировой практике наблюдается переход к data-driven управлению и внедрению цифровых двойников (ЦД) производственных систем [1, 2].

Зарубежные решения реализуют элементы цифровых двойников культур, техники и цепочек поставок (BASF, John Deere, Case IH) [1–3], а платформенные продукты типа Cropwise обеспечивают цифровой мониторинг агропроцессов [4]. Российские кейсы демонстрируют внедрение цифровых двойников полей и тепличных комплексов [5]. Однако данные решения ориентированы преимущественно на крупные агрохолдинги и предполагают наличие развитой инфраструктуры онлайн-мониторинга. Малые и средние хозяйства, формирующие значимую долю посевных площадей, не обладают ресурсами для внедрения капиталоемких систем, что обуславливает необходимость разработки экономичной модели прогнозирования урожайности и денежных потоков как компонента цифрового двойника предприятия.

### Основная часть

Предлагается модель бизнес-процессов сельскохозяйственного производства на основе агент-ориентированного моделирования (АОМ) с использованием теоретико-игровой конструкции, аналогичной «модели леса» А. К. Гуца [6]. В данной интерпретации поле рассматривается как структурированное пространство состояний, в котором взаимодействуют агенты: фермер, рынок, природная среда, кредитор и производственные ресурсы.

Каждый агент обладает стратегиями, влияющими на динамику параметров поля (урожайность, затраты, сроки операций), а также на финансовые показатели хозяйства. Природный агент формирует вероятностные сценарии погодных условий; рыночный агент задаёт ценовые траектории; финансовый агент определяет стоимость заёмного капитала. На основе равновесных стратегий рассчитываются прогнозные значения урожайности и операционных затрат.

Ключевым отличием модели является совмещение прогноза урожайности с прогнозом денежных потоков в рамках единой архитектуры. Это позволяет:

- оценивать потребность в оборотном капитале по фазам вегетационного цикла;
- выявлять потенциальные кассовые разрывы;
- проводить сценарный анализ (изменение культуры, сроков посева, кредитной нагрузки);
- формировать рекомендации по оптимизации структуры затрат.

Модель не требует непрерывного IoT-мониторинга и может функционировать на основе исторических данных хозяйства, метеостатистики и рыночной информации. Архитектурно решение проектируется как модуль цифрового двойника предприятия с

возможностью интеграции в существующие информационные системы, включая 1С. Структура входных данных стандартизирована по полям, культурам, технологическим картам и финансовым операциям, что обеспечивает масштабируемость от одного поля до всего хозяйства.

Таким образом, цифровой двойник рассматривается не только как инструмент технологического мониторинга, но и как инструмент финансово-производственного моделирования сезонного цикла.

### **Выводы**

Разработанная агент-ориентированная модель позволяет формализовать бизнес-процессы сельскохозяйственного производства и интегрировать их в структуру цифрового двойника малого и среднего хозяйства. Практическая значимость заключается в снижении неопределённости при планировании сезона, уменьшении вероятности кассовых разрывов и повышении обоснованности управленческих решений.

Перспективы внедрения связаны с пилотированием модели на данных хозяйств-партнёров, последующей валидацией прогностической точности и разработкой программного прототипа (MVP) с интеграцией в бухгалтерские и управленческие системы. Предложенный подход может стать основой масштабируемого решения для цифровой трансформации сегмента МСП в АПК.

### **Литература**

1. BASF. Artificial intelligence at BASF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.basf.com/global/en/who-we-are/digitalization/artificial-intelligence/Innovation-with-AI> (Дата обращения: 25.02.2026).
2. John Deere. Reinventing agriculture with AI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openai.com/index/john-deere-justin-rose> (Дата обращения: 25.02.2026).
3. Case IH. Automation and AFS technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.caseih.com> (Дата обращения: 25.02.2026).
4. Syngenta. Платформа Cropwise [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cropwise.com/> (Дата обращения: 25.02.2026).
5. Группа «ПРОДО». Итоги цифровой трансформации на форуме Smart Agro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prodo.ru/news/gruppa-prodo-podelilas-itogami-tsifrovoy-transformatsii-za-god-na-federalnom-forume-smart-agro/> (Дата обращения: 25.02.2026).
6. Гуц А. К., Хлызов Е. О. Модель ярусно-мозаичного леса и моделирование сукцессии // Математические структуры и моделирование. 2011. Вып. 23. С. 19–30.