

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА «УМНАЯ ТЕПЛИЦА»

Е. С. Захаро<sup>1)</sup>, Д. С. Мойсеёнок<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> студент, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь,  
*evgenijzaharo@gmail.com*

<sup>2)</sup> студент, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь,  
*denis.mojseenok@gmail.com*

Научный руководитель **Н. А. Лукашук**

*кандидат экономических наук, доцент, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь, [lukashuk\\_natallia@mail.ru](mailto:lukashuk_natallia@mail.ru)*

В исследовании анализируется международный опыт внедрения концепции «Умная теплица» в контексте умного сельского хозяйства. Рассматривается определение и практическое использование цифровых технологий в развитии умного земледелия в Европе, Китае, США, России и Беларуси, применение дронов в белорусском сельском хозяйстве, а также эффективность ключевых цифровых технологий в зарубежной практике.

**Ключевые слова:** умная теплица; умное сельское хозяйство; цифровые технологии; дроны; международный опыт; Европа; Китай; США; Россия; Беларусь.

## INTERNATIONAL EXPERIENCE IN IMPLEMENTING THE SMART GREENHOUSE CONCEPT IN AGRICULTURE

E. S. Zaharo<sup>1)</sup>, D. S. Moyseyonok<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> student, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, *evgenijzaharo@gmail.com*

<sup>2)</sup> student, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, *denis.mojseenok@gmail.com*

Supervisor **N. A. Lukashuk**

*PhD in economics, associate professor, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, [lukashuk\\_natallia@mail.ru](mailto:lukashuk_natallia@mail.ru)*

The research analyzes the international experience of implementing the smart greenhouse concept in the context of smart agriculture. It examines the definition and purpose of the concept, the development of smart farming in Europe, China, the USA, Russia, and Belarus, the use of drones in Belarusian agriculture, as well as key digital technologies in these countries.

**Keywords:** smart greenhouse; smart agriculture; digital technologies; drones; international experience; Europe; China; USA; Russia; Belarus.

Значимость темы определяется общемировыми проблемами в агропромышленном комплексе, такими как перемены климата, увеличение численности населения и необходимость оптимизации производительности. Концепция «Умная (интеллектуальная) теплица» представляет собой новаторский подход в сельском хозяйстве, когда для закрытого грунта на участке возделывания объединяется применение цифровых технологий для улучшения условий выра-

щивания растений и принципы традиционного выращивания культур. Проблема состоит в не-одинаковом распространении данных технологий в разных государствах, что требует изучения мирового опыта и по возможности применения его в Беларуси.

Цель исследования – систематизировать международный опыт внедрения концепции «Умной теплицы» и определить возможности для России и Беларуси.

Задачи: дать определение «Умная теплица»; исследовать интеллектуальное сельское хозяйство в ключевых регионах и странах; изучить применение беспилотников в Беларуси с целью реализации представленной концепции; сравнить цифровые технологии, применяемые в сельском хозяйстве.

Концепция «Умная теплица» представляет собой автоматизированную систему для выращивания растений в закрытом грунте, оснащенную комплексом датчиков, контроллеров и системами на основе искусственного интеллекта (ИИ) для мониторинга и регулирования параметров микроклимата, таких как температура, влажность, освещение и полив [1]. Основной целью использования умных теплиц является оптимизация роста и развития растений, сокращение потребления энергетических ресурсов и минимизация негативного воздействия на окружающую среду. В отличие от традиционных теплиц, интеллектуальные системы используют данные, получаемые в режиме реального времени, для обеспечения предиктивного управления.

Преимущества интеллектуальных теплиц включают повышение урожайности на 20–30 %, снижение расхода воды до 50 % за счет применения точного полива и уменьшение использования химических средств защиты растений благодаря раннему обнаружению вредителей и болезней [2]. Кроме того, такие теплицы способствуют устойчивому развитию, используя возобновляемые источники энергии, например, солнечные панели, и минимизируют объемы отходов.

Умное сельское хозяйство (smart farming) представляет собой интеграцию цифровых технологий в сельскохозяйственный сектор с целью повышения эффективности и устойчивости. В Европе развитие данного направления поддерживается политикой Европейского Союза, включая использование спутниковых технологий и данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий. По оценкам экспертов, к 2025 г. объем рынка smart agriculture в Европе достигнет 7,1 млрд долларов США, с прогнозируемым ростом до 19,1 млрд долларов США к 2033 г., что обусловлено внедрением технологий ИИ и Интернета вещей (IoT) для точного земледелия. Результаты исследований показывают, что большинство фермеров используют цифровые инструменты, ожидая получения экономических и экологических преимуществ, таких как сокращение выбросов парниковых газов и оптимизация использования ресурсов.

В Китае развитие умного сельского хозяйства осуществляется в рамках национальных программ, таких как пятилетний план на 2024–2028 гг., ориентированный на цифровизацию сельского хозяйства. Например, в Китае запущена первая автономная ферма по выращиванию пшеницы и кукурузы, где одновременно применяются и дроны, и роботизированные машины с китайской навигационной системой Beidou. В Соединенных Штатах Америки концепция smart agriculture акцентирует внимание на climate-smart практиках, поддерживаемых Министерством сельского хозяйства США (USDA) посредством реализации программ по расширению рынков сбыта для экологически чистой продукции. Согласно прогнозам, к 2025 г. более 60 % фермерских хозяйств в Северной Америке будут использовать технологии ИИ для точного земледелия, обеспечивая точность прогнозирования урожайности на уровне свыше 90 %. В России рынок smart agriculture демонстрирует рост на уровне 14,8 % в год, с акцентом на развитии IoT, робототехники и технологий ИИ для модернизации фермерских хозяйств.

В Беларуси умное сельское хозяйство активно внедряется через цифровые решения, повышающие эффективность и снижающие потребление ресурсов. К 2025 г. введены новые технологии, включая автоматизированные системы для мониторинга и управления фермами [3]. Выставка

Belagro-2025 демонстрирует инновации в агрохимии и умном сельском хозяйстве, с фокусом на обмен знаниями с международными партнерами. Правительство поддерживает проекты, такие как крупные инициативы в Витебской области, интегрирующие UAV и климатические умные практики. Например, компания «БелХард» продемонстрировала цифровые технологии на основе ИИ для ведения сельского хозяйства «Ясь – ИИ-Агроном» – интеллектуальный помощник, способный анализировать данные за счет спутникового мониторинга, почвенных датчиков и прогноза погоды, а также отвечать на вопросы в сфере агротехнологий.

Беларусь формулирует цифровизацию АПК как один из приоритетов. В ноябре 2024 г. Минсельхозпрод и ФАО подписали рамочное соглашение на 2024–2025 гг., в котором развитие цифровых технологий в сельском хозяйстве представлено как стратегический вектор сотрудничества. Аналогично в другом ведомстве – Минсвязи – в январе 2025 г. объявлен прием заявок на пилотные цифровые проекты для фермерских предприятий: планируются цифровые платформы управления молочно-товарными, свиноводческими и птицеводческими комплексами. На уровне хозяйств широко внедряются IoT-решения и геоинформационные системы: например, поля и техника оборудованы GPS/ГЛОНАСС-приемниками (точность позиционирования до 2 см), а агрономы ведут карты урожайности и использованных технологий в мобильных приложениях и «М-комплексе». С января 2023 г. все сельхозпредприятия обязаны вести электронную отчетность (системы «КлирАгро», «Агроинсайт» и др.), что стимулирует использование датчиков и облачных платформ. Президент Беларуси неоднократно подчеркивал важность цифровых решений в агросекторе, отмечая, что «без цифровых технологий сложно развиваться» и что за последние годы аграрии «семимильными шагами» внедряют инновации. Среди национальных инициатив можно назвать конкурсы по внедрению аграрных дронов и роботов на выставках Белагро, инвестпрограммы по цифровизации, а также программы научных институтов НАН РБ: в отчетах Академии перечисляются исследования по созданию агроданных, систем мониторинга и «цифровых двойников» полевых процессов.

В целом, Беларусь делает ставку на развитие собственных ИТ-решений в агросфере (включая ИИ и машинное обучение) при тесной интеграции с традиционными агротехнологиями (комбайны, тепличные комплексы и др.). Государственная поддержка, как показывают официальные источники, перекрывает широкий спектр – от обучения кадров и программирования дронов до модернизации животноводческих ферм, что соответствует общей стратегии устойчивого повышения эффективности АПК.

Одним из перспективных и относительно новых направлений является применение дронов в сельском хозяйстве: для обработки полей жидкими удобрениями и пестицидами (особенно на сложных по геометрии или заболоченных участках). Квадрокоптеры-опрыскиватели оснащены резервуарами и дозаторами, благодаря чему они могут равномерно обрабатывать до 14 га/ч. Кроме того, дронами выполняют топографическую съемку и мониторинг состояния посевов (аэрофотосъемка и фотограмметрия для оценки всхожести и перспектив урожая). Возможно также применение дронов для разбрасывания семян (до 50 кг в минуту) и даже опыления плодовых насаждений снизу листьев. С 2021 г. в Беларуси активно разрабатываются и внедряются агродроны. Крупнейший пример – китайско-белорусское СП «Авиационные технологии и комплексы», разработавшее тяжелый беспилотник A99X (масса 100 кг, бак 50 л). Он способен обрабатывать до 100 га за смену (порядка 10 га/ч) и уже испытан на высокостебельных культурах (кукуруза, подсолнечник), где классические опрыскиватели не проходят. Отметим следующие преимущества такой технологии. Во-первых, дрон не уплотняет почву и не оставляет колеи, что позволяет сохранять до 6–10 % урожайности. Во-вторых, он эффективен на переувлажненных участках и может работать круглосуточно. По оценке разработчиков, для работы достаточно задать границы поля и параметры обработки – система самостоятельно проложит маршрут и выполнит задание. На базе этой разработки к 2025 г. планируется создать национального оператора агродронов, что позволит централизовать управление флотом бес-

пилотников и расширить их доступность для хозяйств [4]. Параллельно с производством оборудования ученые Национальной академии наук Беларуси создают технологические регламенты по использованию БПЛА для внесения средств защиты растений и удобрений. В 2023 г. по поручению правительства была проведена комплексная оценка этих технологий, одобренная Минсельхозпродом и правительством.

В числе основных проблем можно назвать высокую стоимость техники и необходимость развивать инфраструктуру (например, зарядные станции и сервисные центры), также необходим специализированный центр по обучению операторов дронов, нормативно-правовое регламентирование воздушного пространства. Несмотря на это, за последние годы Беларусь сделала значительный шаг к «промышленному» внедрению агродронов: создан первый отечественный комплекс, проводятся полевые испытания, утверждены нормативы и запущены пилотные проекты, что говорит о системной государственной поддержке данного направления.

Беларусь развивается наравне с другими цифровыми-странами. В России цифровизация АПК осуществляется в рамках национальных проектов. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» с 2019 по 2024 г. получил финансирование в сотни миллиардов рублей (152 млрд по федеральному бюджету). Минсельхоз сформулировал целевые показатели: создание сквозных информационных систем, снижение себестоимости продукции, рост производительности труда и переход к «Сельскому хозяйству 4.0» [5]. На практике упор делается на автоматизированный учет и прослеживаемость. В частности, у аграриев введено обязательное электронное ветеринарное и зерновое декларирование (системы «Меркурий», «Зерно» и др.), а федеральные власти планируют до 2030 г. создать единую цифровую платформу принятия управленческих решений. Среди технологий, используемых в России, – IoT (сенсоры почвы и погоды), спутниковый мониторинг (на базе данных «Роскосмоса» и зарубежных операторов), а также БПЛА и робототехника. Примеры коммерческих кейсов: крупнейший агрохолдинг «РусАгро» совместно со стартапом «АссистАгро» внедрил систему автоматического распознавания сорняков с помощью дронов и нейросетей. Проект (субсидировался «Сколково» в рамках нацпроекта «Цифровая экономика») позволил ускорить сбор фитосанитарных данных в шесть раз и точнее определять видовой состав сорняков, что сократило засоренность полей и расходы на топливо. Российские разработчики также создают ИИ-роботов: так, компания Cognitive Pilot представила отечественного робота «Cognitive Crop Control» для оценки урожайности на основе машинного зрения. Однако при этом распространение новинок неравномерно: по наблюдениям экспертов, цифровые решения в основном осваивают крупные вертикально интегрированные агрохолдинги, а мелкие фермеры пока отстают (в Госпрограмме это вызвано высоким порогом входа и дефицитом IT-специалистов).

Китай сделал цифровизацию АПК частью государственной повестки. В октябре 2024 г. Государственный комитет по сельскому хозяйству КНР утвердил пятилетний план (2024–2028) по развитию «умного» сельского хозяйства. Его задача – к 2028 г. создать национальную платформу больших данных и цифровую схему для выращивания основных культур. В документе подчеркивается внедрение технологий больших данных, GPS-навигации, искусственного интеллекта и интернета вещей во все звенья АПК (растениеводство, животноводство, рыболовство). Китайские агропромышленные компании и научные организации интенсивно используют эти технологии: на полях массово работают дроны DJI, XAG и других местных производителей для точного опрыскивания, картографирования посевов и мониторинга урожаев. Применяются также широкоформатные сенсорные сети (почвенные датчики, погодные станции), роботизированные комбайны и машины с автопилотом, а данные со спутников (система Gaofen и др.) используются для оценки климата и почвенных условий. Государство поддерживает этот процесс крупными инвестициями. Например, выделяются субсидии на закупку «умной техники» фермерами, создаются центры передового опыта (модели «умной деревни») и финансируются исследования в области агроИИ (биотехнологии семеноводства, интеллектуальные системы обработки данных). Ожидается, что цифровая трансформация позволит

снизить затраты сельхозпроизводства, повысить урожайность (предполагается рост валовых сборов зерна выше 700 млн т и более в будущем при сохранении продовольственной безопасности) и увеличить рентабельность отрасли [6]. В целом Китай ставит целью стать мировым лидером «умного агроскопроцесса», используя модернизацию техники и передовые информационные системы в рамках национальных программ «Made in China 2025» и «Digital China».

США традиционно являются мировым лидером в применении высоких технологий на фермах. Концепция «точного земледелия» там начала развиваться еще в 1990–2000-х годах, и к настоящему времени внедрение цифровых решений перешло в массовую практику. По данным USDA (2023), точные технологии помогают американским фермерам решать ключевые задачи – снижать расходы, адаптироваться к изменению климата и компенсировать дефицит рабочей силы [usda.gov](https://www.usda.gov). Например, более 50 % посевных площадей основных зерновых (кукуруза, соя, хлопок, рис и др.) в США уже обрабатываются тракторами и комбайнами с системами автопилотирования и GPS-навигации. Повсеместно используются датчики: почвенные влагомеры, спутниковый мониторинг (в том числе коммерческие компании Planet Labs и NASA), а также беспроводные метеостанции и дроны для мониторинга состояния посевов. Агроплатформы вроде John Deere Operations Center, Climate FieldView (Bayer) и Granular агрегируют данные с техники и сенсоров, позволяя агрономам анализировать урожайность и оптимизировать внесение удобрений в режиме онлайн. Кроме того, на американских фермах применяются роботы: существуют беспилотные опрыскиватели, машины для автоматического опыления и аппараты для локальной прополки. Упомянутый выше российский робот Cognitive Pilot Prototype имеет зарубежного аналога в виде проектов Blue River Technology, занимающихся машинным зрением для борьбы с сорняками. Государственная поддержка в США идет через многочисленные программы USDA из федерального бюджета.

Анализ показал, что «умная теплица» – ключевой элемент умного сельского хозяйства, с успешным внедрением в Китае и США, и растущим в Европе, РФ и РБ. Дроны в Беларуси демонстрируют потенциал для СНГ. Цифровые технологии унифицируют подходы, но требуют адаптации. Перспективы концепции «Умная теплица» лежат в дальнейшей интеграции ИИ, роботизации и аналитики данных для обеспечения глобальной продовольственной безопасности. При этом единые цифровые решения требуют адаптации к местным условиям: каждая страна учитывает свои климатические и экономические особенности при внедрении технологий.

### Библиографические ссылки

1. *Солюшенс В.* Умные теплицы: технологии для современного сельского хозяйства. Минск : Белорусская научная пресса, 2025. С. 15–22.
2. *Грин И.* Преимущества коммерческих умных теплиц. Нью-Йорк : АгриТех Пабблишинг, 2024. С. 33–40.
3. *Рисёрч С.* Рынок умного сельского хозяйства в Европе: размер и прогноз. Лондон : Глобал Маркет Пресс, 2025. С. 80–95.
4. Государственная программа «Аграрный бизнес» в Республике Беларусь: цифровые решения и платформы / Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ. Минск : БелНИИАЭ, 2025. С. 22–35.
5. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: цели и перспективы / Министерство сельского хозяйства РФ. Москва : Агропромиздат, 2024. С. 5–18.
6. Рынок умного сельского хозяйства в Китае: тенденции и перспективы до 2030 года / Grand View Research. Пекин : China Agribusiness Analytics, 2024. С. 112–125.