Истомин Д.А., Иванов А.С.

Оценка перспективных направлений цифрового животноводства в рамках «Сельского хозяйства 4.0»

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

УДК 631.31.14

**Оценка перспективных направлений цифрового животноводства в
рамках «Сельского хозяйства 4.0»**

Истомин Д.А., Иванов А.С.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Аннотация

Инновации в цифровых технологиях все чаще продвигаются как практика, позволяющая производителям решать проблемы: снижение воздействия животноводства на выбросы парниковых газов, удовлетворение растущих потребностей населения и благополучие животных и окружающей среды. На сегодняшний день в секторе животноводства цифровые технологии внедряются по-разному: технологии автоматизации задач популярны среди фермеров, а не технологии сбора или обработки данных для принятия решений. Существует риск того, что с акцентом на будущие факторы развития технологий будет сосредоточено на животноводстве в корпоративном, крупномасштабном промышленном производстве и, следовательно, не будет устранять факторы, препятствующие разработке интегрированных цифровых решений и доступу к ним для мелких фермеров. Если это будет так, то «Сельское хозяйство 4.0» будет играть более ограниченную роль в обеспечении устойчивости продовольственных систем. Разработчики программы «Сельское хозяйство 4.0» должны уделять внимание не только разработке новейшего датчика или устройства, а более целостной перспективе, включая рассмотрение нормативных требований, бизнес-модели, рекомендаций и развития потенциала, чтобы обеспечить внедрение и гарантировать совместное использование преимуществ «Сельское хозяйство 4.0» для всех участников аграрного сектора.

Ключевые слова: ЖИВОТНОВОДСТВО, ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО 4.0

Введение

Животноводство в глобальном масштабе сталкивается с множеством проблем,

связанных с повышением производительности и устойчивости развития. Эти задачи включают снижение воздействия животноводства на выбросы парниковых газов, удовлетворение растущих потребностей населения и благополучие животных и окружающей среды [1]. Инновации в цифровых технологиях все чаще продвигаются как практика, позволяющая производителям решать эти проблемы животноводства. Однако внедрение таких инноваций в масштабе фермы может быть затруднено из-за ограничений, связанных со снижением прибыли фермерских хозяйств, увеличением долга фермерских хозяйств и сложными требованиями к знаниям об изменении системы фермерских хозяйств [2].

Цифровые технологии оказали большое влияние на общество за последние два десятилетия, например, благодаря быстрому росту доступа в интернет, ЭВМ, автоматизации и использования приложений для смартфонов [3]. Эта трансформация получила название «Индустрия 4.0» или четвертая промышленная революция [4]. Использование цифровых технологий также оказало большое влияние на пищевые системы; тем не менее, распространение было медленнее, чем в обществе в целом. Ученые предполагают, что продовольственные системы и животноводство, в частности, находятся на пороге «революции» в качестве ключевых компонентов сенсорных технологий, автоматизации и анализа данных, и программное обеспечение становится доступным [5]. Хотя этой «революции» было дано множество названий, основное название - «Сельское хозяйство 4.0», чтобы охватить четвертую сельскохозяйственную революцию, вызванную появлением новых информационных и коммуникационных технологий, а также большим количеством данных, которые собираются.

«Сельское хозяйство 4.0» включает все имеющиеся средства механизации и автоматизации производства, дополненные «Интернетом вещей» (когда машины и оборудование обмениваются данными и командами между собой без участия человека) и более тонкой электроникой, проникающей во все сферы аграрного производства.

В настоящее время имеются опасения, что развивающиеся страны могут не получить выгоды от «Сельского хозяйства 4.0», и что на самом деле технологии не могут быть основным решением для обеспечения и распределения основных продуктов питания во многих развивающихся регионах. В области зоотехнии в основном не учитываются потенциальные положительные и отрицательные последствия дигитализации (перевода

=====

всех видов информации (текстовой, аудиовизуальной) в цифровую форму) на более широком уровне систем животноводства, часто лишь с ограниченной технооптимистической точки зрения на будущие результаты [6].

Анализ тенденций, потенциальных путей и возможных последствий требует повышенного внимания. Цель исследования – проанализировать перспективы внедрения сельского хозяйства 4.0 на основании текущих тенденций в технологиях и системах животноводства, прогнозирования будущих траекторий для сельского хозяйства 4.0 в отношении достижения результатов устойчивого развития отрасли и благополучия животных.

Материалы и методы

Информационные и коммуникационные технологии применялись в животноводстве в течение нескольких десятилетий. Этот технологический подход был классифицирован в начале 2000-х годов как «точное животноводство» (ТЖ) [7]. В основе ТЖ лежала электронная идентификация животных, а также использование датчиков и автоматизации для управления животными в индивидуальном масштабе. За 20 лет существования ТЖ на фермах были случаи успешного использования технологий, таких как электронная идентификация, а также были непредвиденные последствия. Эти последствия включают в себя: плохую совместимость между устройствами и программным обеспечением, требующую множественного ввода данных, коммерческий выпуск незрелых технологий без достаточных доказательств практики, повышенную учебную нагрузку для фермеров и пренебрежение обучением, изменение ролей фермеров и животных, низкая отдача от инвестиций для фермеров и ограниченные возможности Системы ТЖ. Реализации перспектив ТЖ с начала 2000-х годов препятствовали эти факторы, а также частичный техно-ориентированный подход к системным вопросам. Примером этого является коммерческий упор на устройства для крупного рогатого скота для охраны здоровья животных без должного учета взаимодействия с другими технологиями.

Совсем недавно этот подход, основанный на технологиях и данных, был расширен до таких терминов, как «умное сельское хозяйство» и «цифровое сельское хозяйство». Эта эволюция отражает изменения от использования датчиков и данных для оценки изменчивости пространственных или индивидуальных факторов животных (ТЖ) к более

широкой сети интеллектуального зондирования и контроля в интеллектуальном сельском хозяйстве, а затем включение широкого набора цифровых инструментов за пределами фермы и в цепочку поставок, которую называют цифровым сельским хозяйством. Непрерывное развитие технологий в течение последнего десятилетия привело к «оцифровке производства», опирающейся на компьютеры, автоматизацию, данные и машинное обучение, или Индустрию 4.0. Для животноводов системы с цифровым питанием могут улучшить их операции, добавив автономную контекстную осведомленность (например, знания о факторах здоровья животных в режиме реального времени) и возможность выполнять действия автономно или удаленно [8].

Хотя расширенное использование технологий в животноводческих системах может показаться полезным по своей сути, ученые все чаще обсуждают необходимость учета и прогнозирования потенциальных последствий и альтернативных вариантов развития будущего данной отрасли. Концептуализация будущего «Сельское хозяйство 4.0» часто связана с ажиотажем в отношении технологических решений и в первую очередь положительных ожиданий, например, прогнозируемого применения искусственного интеллекта и робототехники в сельском хозяйстве. Эти ожидания, часто с ограниченным обсуждением возможных негативных последствий, можно, в основном, услышать от разработчиков технологий, политиков и ученых, а не самих фермеров. Аспекты, которые следует учитывать по мере приближения систем животноводства к этой эпохе, включают восприятие потребителями технологий в животноводстве, влияние на персонал фермы и самих фермеров, будущие требования к навыкам в системах животноводства, проблемы, связанные с конфиденциальностью и владением данными, а также взаимодействия человека и животного. Эта точка зрения представляет собой вид цепочки создания стоимости или инновационной системы. Инновационная система – это «сеть организаций, предприятий и отдельных лиц, сосредоточенная на внедрении новых продуктов, новых процессов и новых форм организации в экономическую жизнь» [9]. Инновационная система включает людей, связи, инфраструктуру и институты (определяемые как «правила, по которым взаимодействуют участники»).

В последнее время был проведен ряд крупных оценок будущего продуктов питания и технологий [10]. Исследование инноваций в будущих продовольственных системах показывает, что мы стоим на пороге серьезных изменений, и эти технологические

инновации охватывают продовольственную систему. В одной из оценок Всемирный экономический форум исследовал роль технологий в будущих продовольственных системах и определил 12 основных областей применения технологий. Эти технологии (табл. 1) согласуются с тремя основными движущими силами, формирующими будущие продовольственные системы, и позволяют уделять меньше внимания тому, что такое технология, и больше - тому, что она позволит.

Таблица 1. Основные движущие силы будущих продовольственных систем и технологические подходы к трансформации животноводства

Основные движущие силы	Технологические подходы
Изменение формы спроса	Альтернативные белки Технологии обнаружения для обеспечения безопасности, качества и прослеживаемости пищевых продуктов Нутригеномика для индивидуального питания
Развитие связей в цепочке создания стоимости	Доставка мобильных услуг Большие данные и расширенная аналитика для страхового интернета вещей для прозрачности и прослеживаемости цепочки поставок в реальном времени Отслеживаемость с помощью блокчейна
Создание эффективных производственных систем	Точное земледелие для оптимизации затрат и использования воды Инструменты редактирования генов для семян с несколькими признаками Технологии микробиома для повышения устойчивости сельскохозяйственных культур Биологическая защита растений и управление питательными веществами почвы Автономное производство и хранение возобновляемой энергии

Движущие силы и технологии, указанные в табл. 1 представляют как возможности, так и проблемы для секторов животноводства. Например, с точки зрения потребительского спроса, более широкая доступность альтернативных белков может нарушить традиционные рынки мяса и молока; тем не менее, доступность сенсорных технологий предлагает потребителям ступенчатое изменение в отслеживании и практическом опыте. Эта прослеживаемость будет обеспечена путем связывания технологий и данных в цепочке создания стоимости через интернет вещей (IoT) и блокчейн. Третий драйвер (движущая

сила) больше относится к технологиям на уровне фермы, таким как применение технологий для управления ресурсами, например, индивидуальное управление свиньями, цыплятами и коровами или использование данных для создания цифровых представлений о животных.

Результаты исследования

На сегодняшний день в секторе животноводства цифровые технологии внедряются по-разному: технологии автоматизации задач популярны среди фермеров, а не технологии сбора или обработки данных для принятия решений. Текущие и перспективные технологии сгруппированы и представлены в таблице 2.

В настоящее время существует ряд сенсорных систем, которые позволяют животноводам собирать и анализировать данные в широком диапазоне. Примерами использования датчиков являются мониторинг поведения отдельных свиней. Эти устройства собирают данные (например, активность животных, температуру, частоту сердечных сокращений и местоположение), которые затем могут использоваться для обозначения изменений в таких аспектах, как репродуктивный статус, здоровье и отел. Получение и анализ изображений также является актуальной областью исследований и разработок, например, для использования в производстве цыплят и для оценки состояния тела или хромоты у крупного рогатого скота.

Датчики также используются для других аспектов животноводческих систем, например, для мониторинга техники, точного взвешивания кормов, пастбищ и измерения кормов, использования спутниковых систем в животноводческих системах.

Предвидение и понимание потенциального будущего «Сельское хозяйство 4.0» - важный первый шаг в «ответственные» технологии. Влияние трансформации технологий по своей природе трудно предсказать, например, в 1890-х годах потенциальное развитие синтетических альтернатив животным и растительным продуктам привело к предсказаниям прямого производства продуктов питания с помощью органической химии [10]. Существует множество возможных вариантов будущего развития животноводства для сельского хозяйства 4.0, которые будут зависеть от взаимодействия технологий, инновационных систем, а также от внешнего давления со стороны рынков и общества. Для прогнозирования неопределенного будущего используются различные процессы.

Таблица 2. Особенности «Сельского хозяйства 4.0» и примеры текущих или перспективных технологий в животноводстве

Характеристика	Текущие технологии	Перспективные технологии
Датчики для сбора данных	Датчики включают в себя устройства на животных («носимые»), датчики надоев молока, датчики пастбищ и почвы, использование спутниковых изображений для оценки пастбищ, автоматическое взвешивание (например, свиней, крупного рогатого скота) и электронную идентификацию	Датчики для записи вокализации, анализа изображений (например, изучения мимики свиней, крупного рогатого скота и овец) и отслеживания местоположения являются примерами краткосрочного применения
Автоматизация и робототехника	Автоматическое / индивидуальное кормление, автоматическая уборка коровника, роботизированное доение дойных животных	Виртуальное ограждение (крупный рогатый скот, козы, овцы), эволюция роботизированного доения на крупных фермах
Интернет вещей (IoT) и возможность подключения	Устройства, используемые для мониторинга активности животных, температуры окружающей среды в стойлах в режиме реального времени	Подключение 5G для быстрого обмена данными (например, для захвата и анализа изображений с помощью дронов / самолетов)
Облачные вычисления и аналитика данных	Цифровые технологии переходят на облачные хранилища и аналитику, а не на жесткие диски	Передовые вычисления, цифровые двойники, блокчейн для повышения эффективности и доверия к цепочкам добавленной стоимости в животноводстве, искусственный интеллект для выявления сложных закономерностей (например, профилактика заболеваний у свиней, оптимизация потребления корма свиньями)
Нанотехнологии и генная инженерия	Изменение генов и CRISPR (регулярные кластеры коротких палиндромных повторов)	Нанотехнологии и наночастицы для внесения удобрений и пестицидов
Новые методики ведения сельского хозяйства	Вертикальное и городское земледелие	Групповое земледелие (Краудфарминг)

Одним из процессов, используемых для концептуализации технологических переходов и изучения потенциальных будущих траекторий, является «Треугольник будущего», который исследует как движущие силы, так и сдерживающие факторы изменений [11].

Три аспекта треугольника – это «влияние прошлого», «стремление к будущему» и «мотивация настоящего» (рис. 1). Первый весовой фактор относится к изучению традиционного сопротивления технологическим изменениям, потенциальных препятствий/барьеров, а также структур социальных или инновационных систем, которые сопротивляются изменениям (например, регулирование или национальная политика). Второй предполагает представление будущих возможностей, инноваций или стремлений.

Рис. 1. Схема трех возможных будущих систем животноводства в рамках «Сельское хозяйство 4.0»

Третий аспект сфокусирован на нашей текущей реальности и исследует то, что происходит, и каковы текущие движущие силы изменений – например, демографические изменения и социальные ожидания. Технологическое развитие по своей сути ориентировано на будущее, при этом разработано или придумано гораздо больше

устройств, чем оказалось полезным на практике. Когда рассматриваются перспективы развития сельского хозяйства 4.0 в будущем, важно понимать движущие силы изменений и то, что может повлиять на различные образы будущего сельского хозяйства 4.0. Представления о будущем, основанном на технологиях, особенно среди секторов сельскохозяйственной политики и СМИ, дают представление об ожиданиях в отношении будущих факторов «притяжения».

Одним из «притягивающих» факторов является необходимость прокормить растущее население мира, уделяя больше внимания экологическим последствиям животноводства, особенно выбросам метана, деградации почвы и пастбищ, а также влиянию на круговорот питательных веществ. Еще одним фактором роста является возрастающая сложность для фермеров с точки зрения меняющихся погодных условий и нестабильных или изменяющихся рынков - например, альтернативные источники белка, растительные белковые альтернативы, которые, по прогнозам, окажут значительное влияние на системы животноводства. Кроме того, сельская демография работает против фермеров, поскольку продолжающаяся урбанизация ведет к ограничению доступа к сельской рабочей силе, вызывая потребность в автоматизации. Политические подходы, предполагающие связи между животными, людьми и экосистемами в области здоровья, также представляют собой фактор социального притяжения, особенно с учетом пандемии Covid-19.

Существуют значительные технологические факторы, в том числе разработки, касающиеся обмена данными и инфраструктуры данных, а также возможности подключения к интернету, например, посредством повсеместного глобального доступа в интернет через спутник, использование больших и связанных данных с помощью инструментов анализа данных, машинного обучения и методов искусственного интеллекта. Достижения в области сенсорных и коммуникационных технологий, таких как виртуальная и дополненная реальность, датчики с более широкими возможностями и более умные голосовые интерфейсы, повысят способность фермеров беспрепятственно вводить данные, получать удаленный доступ к советам и иметь интуитивно понятные приложения для поддержки принятия решений. Другие передовые технологии включают анализ изображений и звука, например распознавание лиц для идентификации и благополучия животных, звуковой анализ для измерения вокализации животных для определения

основных показателей таких факторов, как здоровье и стресс.

Другой фактор притяжения связан с более высокими ожиданиями в отношении доверия к безопасности пищевых продуктов и методам производства пищевых продуктов, включая уход за животными и разумность. Технологии будут использоваться, чтобы лучше связать различные производственные системы в цепочке поставок (например, молочные продукты и говядину). На этот фактор притяжения также будут влиять социальные сети и возможности подключения потребителей, вызывающие быстрые изменения спроса. Розничные продавцы продуктов питания могут быть как движущими силами, так и препятствиями на пути к Сельскому хозяйству 4.0 - благодаря относительному внедрению таких технологий, как отслеживание кода быстрого реагирования (QR код), блокчейн, системы показателей качества жизни животных.

Если принять во внимание различные балансы веса, факторов на рис. 1, можно предположить ряд возможных вариантов будущего «Сельское хозяйство 4.0», каждый из которых будет иметь разные характеристики, последствия и особенности инновационной системы. Как следствие, три возможных варианта будущего также различаются с точки зрения радикальности (табл. 3).

Существуют возможности для внедрения в сельскохозяйственный сектор не только технологий Индустрии 4.0 из несельскохозяйственных секторов, но и связанных с ними бизнес-моделей для преодоления некоторых проблем. Например, внедрение моделей на основе подписки, используемых в других секторах, может снизить первоначальные затраты на внедрение цифровых технологий, что потенциально принесет пользу более мелким фермерам или животноводам в развивающихся странах.

Таблица 3. Особенности будущих систем животноводства в рамках «Сельское хозяйство 4.0»

Факторы	Технологически-ориентированное животноводство	Модернизация существующего животноводства	Технологически обоснованное животноводство
Влияние прошлого	Фермы увеличиваются в размерах, и традиционные системы заменяются агробизнесом, ориентированным на эффективность и низкую рабочую силу	Ограничения по долгу и капиталу ограничивают инвестиции в фермерские хозяйства	Небольшие семейные фермы и возрастное население на фермах остаются значительным фактором

Факторы	Технологически-ориентированное животноводство	Модернизация существующего животноводства	Технологически обоснованное животноводство
Мотивация настоящего	Решения потребителей о покупке ориентированы на продовольственную безопасность, а не на качество в сфере индустриального сельского хозяйства	Цена в приоритете, а не качество	Потребители ценят «натуральность» животноводческих систем. Бизнес-модели на основе подписки позволяют небольшим фермам получить доступ к технологиям
Стремление к будущему	Крупные корпорации доминируют в предложениях технологий. Интеграция технологий и данных позволяет значительно улучшить возможности прогнозирования. Автоматизация и робототехника могут управлять разнообразием систем.	Технологическому прогрессу препятствуют фрагментированные инновационные системы. Совместимость данных остается ограничивающим фактором. Культивируемые продукты питания имеют ограниченное влияние на цепочки добавленной стоимости в животноводстве.	Некоторые технические достижения, но ограничены совместимостью данных. Клеточное сельское хозяйство / культивируемые продукты питания разрушительно влияют на производственно-сбытовые цепочки товарного животноводства, создавая нишевые рынки для многих производителей животноводческой продукции.

Выводы

Системы животноводства, основанные на технологиях, предложенные «технооптимистами», не являются гарантированными из-за факторов, связанных с технологическими возможностями в гетерогенных системах животноводства, приемлемостью со стороны фермеров и общества, а также ограниченной государственно-частной координации инноваций. Существует риск того, что с акцентом на будущие факторы развитие технологий будет сосредоточено на животноводстве в корпоративном, крупномасштабном промышленном производстве и, следовательно, не будет устранять

факторы, препятствующие разработке интегрированных цифровых решений и доступу к ним для мелких фермеров. Если это будет так, то «Сельское хозяйство 4.0» будет играть более ограниченную роль в обеспечении устойчивости продовольственных систем.

Разработчики программы «Сельское хозяйство 4.0» должны уделять внимание не только разработке новейшего датчика или устройства, а более целостной перспективе, включая рассмотрение нормативных требований, бизнес-модели, рекомендаций и развития потенциала, чтобы обеспечить внедрение и гарантировать совместное использование преимуществ «Сельское хозяйство 4.0» для всех участников аграрного сектора. В программах также необходимо учитывать восприятие потребителями использования цифровых технологий в производстве продуктов питания. Для достижения этого результата эти программы в идеале должны включать государственно-частное сотрудничество заинтересованных сторон инновационной системы, включая политиков, фермеров, потребителей, а также разработчиков технологий, чтобы обеспечить разработку путей перехода с системной точки зрения. Использование «ответственных» технологий, включая прогнозирование альтернативных вариантов будущего цифрового животноводства, также должно быть встроено в структуру программы для поддержки критического анализа технологических траекторий и влияния инновационной системы на них.

Список использованных источников

1. Морозов Н.М. Инновационная техника и цифровые технологии - важные факторы повышения эффективности производства продукции животноводства // Экономика сельского хозяйства России. - 2018. - № 2. - С. 15-23.
2. Буклагин Д.С. Цифровые технологии и системы управления в животноводстве // Техника и технологии в животноводстве. - 2020. - № 4 (40). - С. 105-112.
3. Атанов И.В., Капустин И.В., Грицай Д.И., Кулаев Е.В. Цифровые технологии, автоматизированные системы и роботы в животноводстве: учебное пособие. – Ставрополь: Сер. Знания в производство, 2020. - 314 с.
4. Groher T., Heitkamper K., Umstatter C. Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. Animal. - 2020. - 14, 2404–2413.
5. Паршина А.В. Современное состояние цифровых технологий в отрасли животноводства // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. - 2020. - С. 268-270.

Истомин Д.А., Иванов А.С.

Оценка перспективных направлений цифрового животноводства в рамках «Сельского хозяйства 4.0»

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

6. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J.. Big data in smart farming – A review // Agricultural Systems. – 2017. – 153, 69–80.

7. Иванов Ю.А. Цифровое животноводство: перспективы развития // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2019. – № 1 (33). – С. 4-7.

8. Ванюшина О.И. Цифровые технологии в отрасли животноводства: специфика применения // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 314-318.

9. Соляник С., Соляник В. Цифровое животноводство - технология 21 века // Животноводство России. – 2020. – № 6. – С. 24-31.

10. Regan Á. ‘Smart farming’ in Ireland: A risk perception study with key governance actors // NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences. – 2019. – 90–91.

11. Carolan M. Automated agrifood futures: robotics, labor and the distributive politics of digital agriculture // The Journal of Peasant Studies. – 2020. – 47. – P. 184–207.

Цитирование:

Истомин Д.А., Иванов А.С. Оценка перспективных направлений цифрового животноводства в рамках «Сельского хозяйства 4.0» [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/7/st_011.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20217011>.