

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА****Н. А. Сафиуллин, А. Р. Валиев**

Реферат. Современные предприятия агропромышленного комплекса активно внедряют цифровые технологии в свою деятельность. При этом они различаются размерами, сферой деятельности, имеющимися ресурсами и цифровыми навыками сотрудников, поэтому каждое из этих предприятий по-разному готово к цифровым преобразованиям. Шестой технологический уклад предполагает внедрение технологий искусственного интеллекта, Интернета вещей и биотехнологий. Однако аграрная специфика создает определенное ограничение при внедрении перечисленных технологий. К их числу можно отнести слабую ИТ-инфраструктуру, недостаток специализированных устройств, дефицит квалифицированных кадров и недостаточная государственная поддержка. Цифровая зрелость аграрных предприятий также зависит от их инновационной активности. К 2023 году удельный вес организаций, осуществивших технологические, организационные, маркетинговые инновации в организациях с развитым животноводством, составило 8,8% от их общего числа, немного отстают хозяйства со смешанным сельским хозяйством – 7,2% и значительно ниже инновационная активность на предприятиях, специализирующихся в растениеводстве – 5,4%. Научная новизна работы заключается в разработке и применении индикативной модели DMPSTC-анализа, охватывающей шесть ключевых элементов: использование данных, управление процессами, управление продуктом, применение сквозных технологий, цифровые компетенции сотрудников и организационную культуру. Полученные результаты показали, что наиболее высокий уровень цифровой зрелости демонстрируют предприятия, занимающиеся производством сельскохозяйственной техники – 4,87 балла, в то время как у сельхозпредприятий, специализирующихся на растениеводстве уровень цифровой зрелости составил 4,38 балла, а хозяйства, которые занимаются производством животноводческой продукции, имеют низкое значение цифровой зрелости. Основными ограничивающими факторами являются нехватка квалифицированных кадров, высокие затраты на модернизацию и существенный дефицит элементов телекоммуникационной инфраструктуры в сельской местности. Авторы подчеркивают необходимость государственной поддержки, инвестиций в развитие цифровых компетенций и модернизацию технологической базы АПК.

Ключевые слова: цифровая зрелость, цифровая трансформация, искусственный интеллект, блокчейн, цифровые компетенции.

Введение. Ускоренное развитие цифровых технологий оказывает существенное влияние на все сферы экономики, в том числе на агропромышленный комплекс. Внедрение искусственного интеллекта, технологий больших данных и Интернета вещей становится основным фактором повышения конкурентоспособности и устойчивого развития сельскохозяйственных организаций. Цифровые технологии способствуют повышению эффективности использования ресурсов, уменьшению затрат и улучшению экологической устойчивости.

Однако уровень готовности к цифровым преобразованиям или цифровая зрелость предприятий АПК зависит от сферы деятельности организации, размера производства, финансовых возможностей и квалификации персонала. Таким образом, цифровая зрелость определяет, насколько организация готова к цифровой трансформации. Согласно определению Погорельцева А.С. и Салимьяновой И.Г., «зрелость» в контексте цифровой экономики может означать период времени и некое состояние, в котором находится участник социальных и/или экономических отношений, которые позволяют говорить о том, что достижение поставленных субъектом целей в полной мере осуществляется с помощью технологий цифровой экономики [1].

По мнению Черданцева В.П., цифровая

зрелость агропредприятия – это комплексное состояние агропредприятия в соответствии с рекомендуемыми требованиями шестого технологического уклада, учитывающее компетенции, инновации через применение информационных технологий [2].

К числу ключевых компетенций, характеризующих шестой технологический уклад, можно отнести робототехнику, биотехнологии, нанотехнологии, искусственный интеллект, глобальные информационные сети, космические технологии и возобновляемые источники энергии. Подобные технологии должны сформировать основу для нового типа аграрной экономики, но для этого требуются значительные изменения в институциональной системе агропромышленного комплекса.

Таким образом, для перехода на новый технологический уклад аграрным предприятиям необходимо повышать уровень своей цифровой зрелости. Однако перед ними встает ряд препятствий, которые ограничивают внедрение современных цифровых технологий в свою деятельность.

Специфика аграрного производства накладывает свой отпечаток на процессы внедрения и использования цифровых технологий (рис. 1). Территориальная рассредоточенность объектов производства ограничивает использование сетей четвертого поколения,

так как стабильное 4G-покрытие цифровых сервисов, таких как беспилотные является основным требованием тракторы и комбайны, датчики умных полей и для внедрения инновационных устройств и ферм.

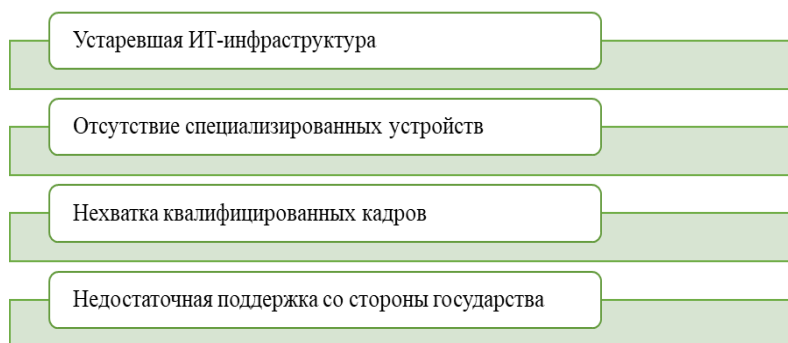


Рис. 1 - Ограничения при внедрении цифровых технологий на предприятиях агропромышленного комплекса (разработано авторами)

Применение в условиях реального агробизнеса сельскохозяйственных машин, оснащенных высокотехнологичными, инновационными конструкциями и решениями, будет способствовать широкомасштабной цифровизации отрасли, что служит значимым трендом развития отечественной экономики [3]. Однако модернизация ИТ-инфраструктуры требует значительных вложений средств, которые невозможны без поддержки со стороны государства и частных инвесторов. При этом, инвесторы часто отказываются от участия в подобных проектах ввиду дороговизны и рискованности процесса внедрения специализированных устройств в сельскохозяйственное производство.

В настоящее время уровень оплаты труда в аграрном секторе значительно отстает по сравнению с другими отраслями экономики, поэтому привлечение ИТ-специалистов на предприятия агропромышленного комплекса является сложной и трудновыполнимой

задачей. Нехватка квалифицированных кадров, которые могли бы стать основной для цифровых преобразований, усугубляет низкий уровень цифровой зрелости предприятий АПК [4].

Сельское хозяйство в ближайшие годы обещает прочно войти в число высокотехнологичных отраслей российской экономики [5]. Инновационная активность тесно связана с внедрением цифровых технологий в деятельность сельскохозяйственных организаций, поэтому анализ показателей инновационной активности позволит выявить степень готовности предприятий к цифровой трансформации.

Данные, представленные на рисунке 2, демонстрируют тенденции внедрения инноваций в растениеводстве, животноводстве и смешанном сельском хозяйстве за 2018-2023 годы, отражая степень их адаптации к современным технологическим изменениям.

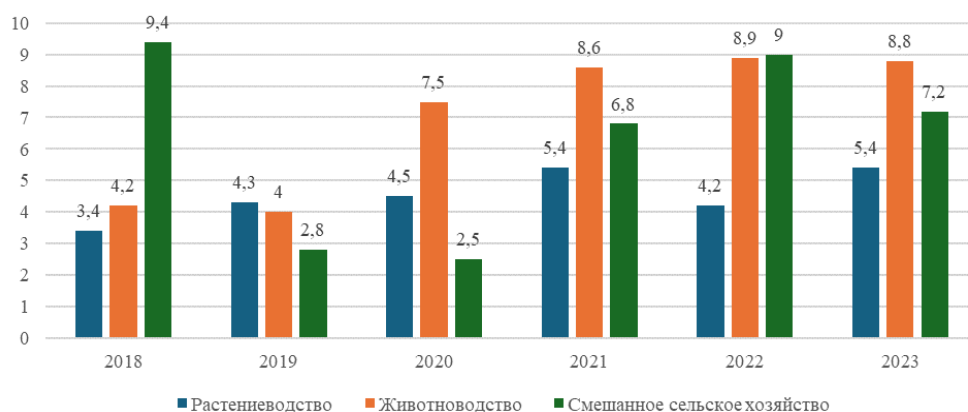


Рис. 2 - Уровень инновационной активности сельскохозяйственных организаций [6]

На представленной диаграмме видно, что инновационная активность в растениеводстве стабильно увеличивалась за исследуемый период, рост составил 2,0 процентных пункта. Основными проблемами использования цифровых технологий в растениеводстве являются

сложность внедрения и контроля датчиков, высокая стоимость покупки и обслуживания беспилотной техники и проблемы с безопасностью данных в случае кибератак и быстрое моральное устаревание техники [7]. Инновационная активность в животноводстве имеет

волатильный характер, однако за шестилетний период рост составил 4,6 процентных пункта. Несмотря на то, что темпы освоения инноваций в мире значительно ускорились, в России применение несовершенных технологий и способов механизации выполнения процессов, особенно при приготовлении, балансировании кормовых смесей и их нормировании при выдаче, оптимизации условий содержания и параметров микроклимата приводит к росту затрат – кормов, энергии, рабочего времени и снижению продуктивности животных [8].

В смешанном сельском хозяйстве наблюдается значительное снижение инновационной активности, однако с 2022 года она начала восстанавливаться. За наблюдаемый период спад составил 2,2 процентных пункта. Смешанное сельское хозяйство предполагает производство, при которой на одном предприятии осуществляется несколько видов деятельности, поэтому проблемы цифровой

трансформации аналогичны сферам растениеводства и животноводства.

Таким образом цель исследования заключается в систематизации ключевых аспектов повышения цифровой зрелости аграрных предприятий и разработке обоснованных подходов для их эффективной цифровой трансформации.

Условия, материалы и методы. Существуют различные методики оценки цифровой зрелости предприятий. Практически все они построены на проведении измерений различных факторов внутренней среды предприятия и присваивания определённого рейтинга готовности к цифровым преобразованиям.

Авторами была разработана методика оценки цифровой зрелости предприятий АПК (Индикативная модель DMPSTC-анализа). В ее основе лежит оценка отдельных элементов организации, которая проводит цифровую трансформацию, представленная на рисунке 3.

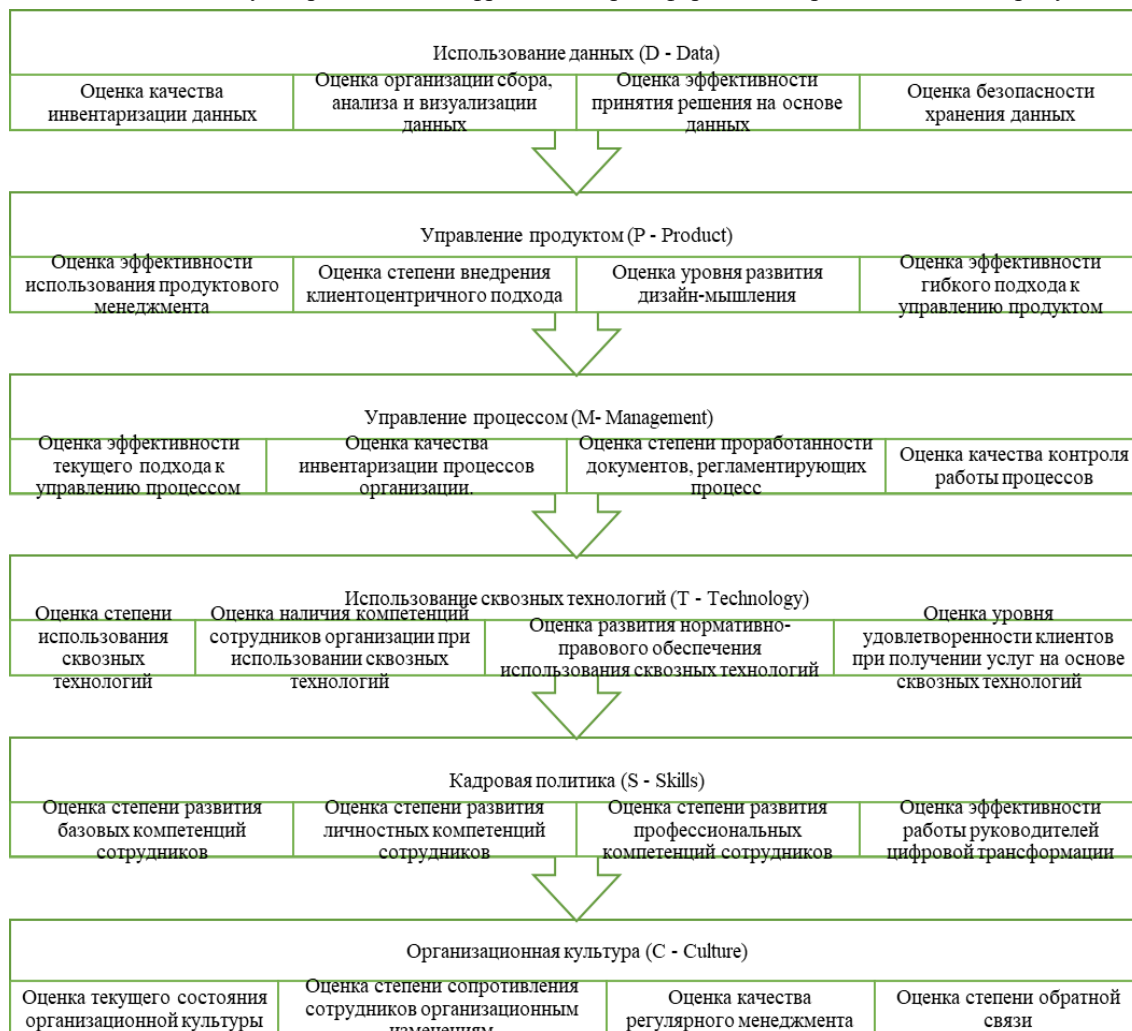


Рис. 3 - Индикативная модель оценки цифровой зрелости организаций (разработано авторами)

Преимуществами представленной модели являются комплексный подход (включает несколько важных направлений деятельности организаций), универсальность (применима к различным типам предприятий), пошаговая

структура (разделение на этапы для определения уровня цифровой зрелости), ориентация на внешнюю среду (акцентировано внимание на удовлетворенность клиентов продуктовыми решениями организации), а также фокус

на кадры и культуру (включает оценку компетенций сотрудников и организационной структуры).

В рамках VII специализированной сельскохозяйственной выставки достижений агропромышленного комплекса «ТатАгроЭкспо 2024», которая проходила с 29 по 31 января 2024 года в МВЦ «Казань Экспо», было проведено исследование уровня цифровой зрелости 106 организаций России, работающих в аграрной сфере. Исследование проводилось на основе авторской индикативной модели оценки цифровой зрелости. Среднее значение уровня цифровой зрелости рассчитывалось по следующей формуле:

$$Цз = \frac{\sum_n^i D + \sum_n^i M + \sum_n^i P + \sum_n^i T + \sum_n^i S + \sum_n^i C}{n} \quad (1)$$

где Цз – уровень цифровой зрелости, балл;

D_i – значение индикатора из группы «Использование данных (D – Data)», баллы;

M_i – значение индикатора из группы «Управление процессом (M – Management)», баллы;

P_i – значение индикатора из группы «Управление продуктом (P – Product)», баллы;

T_i – значение индикатора из группы «Использование сквозных технологий (T – Technology)», баллы;

S_i – значение индикатора из группы «Цифровые компетенции сотрудников (S – Skills)», баллы;

C_i – значение индикатора из группы «Организационная культура (C – Culture)», баллы;

n – количество индикаторов.

Каждый индикатор оценивался по пяти-балльной шкале, где 1 – это минимальное значение уровня, а 5 – максимальное. Таким образом, каждая организация получала свое значение уровня цифровой зрелости.

Основными организациями, которые участвовали в цифровой зрелости исследовании (рис. 4), стали предприятия в сфере производства и обслуживания сельскохозяйственной техники (50,9%), животноводства и растениеводства (7,5% и 15,1% соответственно) и организации, оказывающие различные услуги (5,7%).

Исследование проводилось среди таких крупных предприятий как «Щелково Агрохим», «Сервис-Агро», «Agroclass», «Агросила Урал», «Промител агро» и другие.

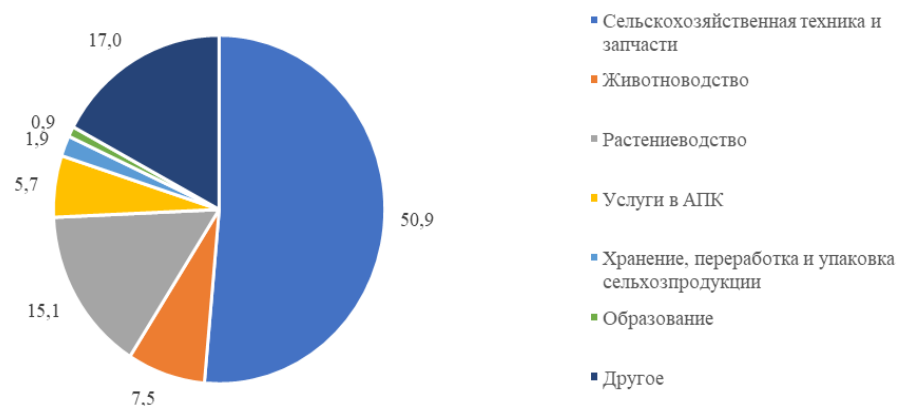


Рис. 4 - Направления деятельности исследуемых организаций (составлено авторами)

Результаты и обсуждение. На первоначальном этапе анализа результатов исследования были рассчитаны средние значения уровня цифровой зрелости отдельных элементов по всем исследуемым организациям (рис. 5).

На представленном графике видно, что средний уровень применения данных, полученных в процессе деятельности организаций довольно высок (4,70 балла), что указывает на то, что в большинстве исследуемых организаций активно используются потоки внешней и внутренней информации для принятия решений и оптимизации процессов. Средний уровень управления процессами, который включает в себя автоматизацию учета и контроля ресурсов, планирование и управление агротехническими мероприятиями, управление персоналом и оплата труда, также имеет высокое значение (4,87 балла). Управление продуктом

на предприятиях АПК – комплексный процесс, который направлен на обеспечение высокого качества продукции и удовлетворение потребностей клиентов, его среднее значение среди исследуемых организаций также находится на высоком уровне (4,89). Особое внимание при проведении цифровой трансформации стоит уделить использованию сквозных технологий, которые предполагают внедрение интернета вещей, искусственного интеллекта, роботизации и блокчейна, так как среднее значение данного элемента оценки ниже остальных (3,92 балла). Цифровые компетенции сотрудников организации – это совокупность навыков и умений, которые необходимы для эффективного использования информационных технологий на предприятиях АПК, по результатам исследования среднее значение находилось на приемлемом уровне (4,63 балла).

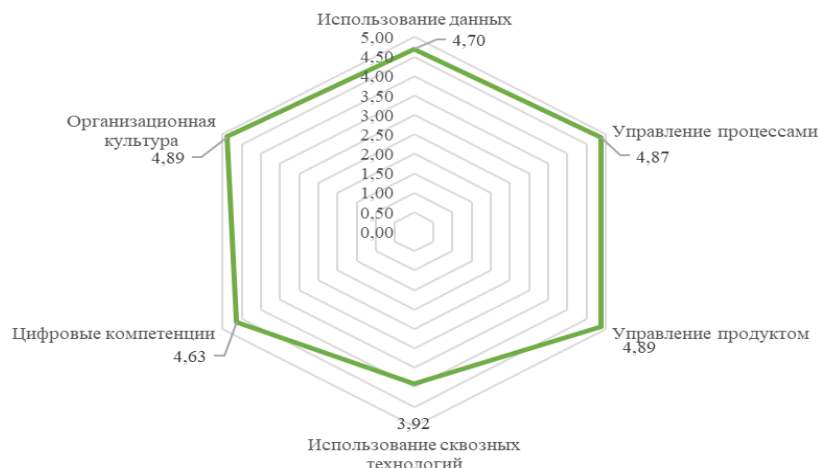


Рис. 5 - Среднее значение уровня цифровой зрелости по всем исследуемым организациям (составлено авторами)

Совокупность отношений, действий и артефактов, которые формируются в процессе деятельности организации, является организационной культурой. Она необходима для сплочения работников в процессе проведения цифровой трансформации. Ее среднее значение в исследуемых организациях довольно высокое (4,89). Однако средние значения по всем организациям демонстрируют лишь общие тенденции применения цифровых технологий на предприятиях агропромышленного комплекса. При этом, в разных отраслях и даже на разных предприятиях одной отрасли степень готовности к цифровым преобразованиям может существенно различаться. Поэтому авторами были более подробно рассмотрены средние значения цифровой зрелости в отдельных отраслях агропромышленного комплекса (рис. 6).

Согласно представленной диаграмме, сельскохозяйственные организации, занимающиеся производством растениеводческой продукции, наиболее активны при использовании данных при принятии решений, связанных с текущей деятельностью и при формировании стратегии развития.

Предприятия в сфере производства и обслуживания сельскохозяйственной техники также активны в использовании данных в своей деятельности (4,69). Например, они получают данные в больших объемах с систем GPS и ГЛОНАСС и контролируемых проездов по полю (СТФ). Эти данные помогают предприятиям повышать точность в ориентировании техники на местности, следить за перемещением техники для повышения эффективности сельскохозяйственных операций. Несмотря на высокие значения цифровой зрелости в аспекте использования данных, предприятиям в сфере производства и обслуживания сельскохозяйственной техники необходимо внедрять технологии обработки данных с датчиков и сенсоров, беспилотных транспортных средств и летательных аппаратов и метеостанций.

Такие меры помогут им повысить эффективность своей деятельности и оптимизировать затраты.

Наименьшее среднее значение использования данных наблюдается у организаций, которые занимаются животноводством (4,38). Расширение покрытия 4G сетей и внедрение мобильных сетей пятого поколения должны помочь «умным фермам» быстрее обмениваться данными друг с другом и улучшить качество принимаемых руководством животноводческих организаций управленческих решений [9].

Управление процессами является важным фактором успешности цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса. Оно включает в себя применение цифровых технологий в автоматизации, оптимизации и мониторинге производственных и управленческих процессов. Наибольшие средние значения показателя наблюдаются у предприятий по производству и обслуживанию сельскохозяйственной техники, а также продаже запчастей (4,83) и у сельхозпредприятий, специализирующихся на растениеводстве (4,88). Незначительно отстают сельскохозяйственные организации, которые занимаются животноводством (4,38).

Управление продуктом в условиях цифровизации агропромышленного комплекса включает в себя применение принципов клиентоцентричности при разработке товарных предложений, развитие дизайн-мышления и гибкого подхода при управлении продуктовой линейки. Средние значения цифровой зрелости у производителей и сервисных компаний сельхозтехники (4,87) и растениеводческих хозяйств (4,81) находятся на высоком уровне. Для животноводческих хозяйств (4,13) необходимо повышать качество управления продуктами по следующим направлениям:

1. Анализ потребностей клиентов с помощью использования современных цифровых

технологий (Big Data, искусственный интеллект и др.).

2. Персонализация производимой продукции и предложение комплементарных продуктов и услуг (пищевой дизайн).

3. Повышение качества обратной связи на основе цифровых сервисов и платформ для более активного вовлечения клиентов в процесс управления продуктом (чат-боты, мобильные приложения и др.).

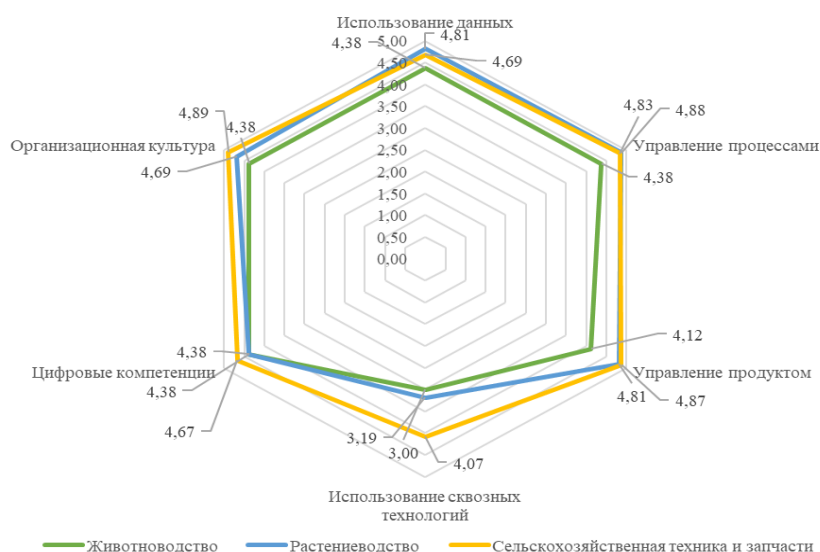


Рис. 6 - Среднее значение уровня цифровой зрелости по отраслям агропромышленного комплекса (составлено авторами)

По результатам исследования, организации, занимающиеся производством и обслуживанием сельскохозяйственной техникой и продажей запчастей, используют сквозные технологии на среднем уровне (4,07).

К числу лидеров по этому показателю можно отнести «Агросила Урал», «Проминтел агро», «Татагролизинг». С проблемами при внедрении и использовании сквозных технологий столкнулись такие компании как «Темтар», ООО «Магнум», ООО «Таросмашинери» и ООО «ЦСТ».

Низкие значения использования сквозных технологий выявлены в растениеводческих (3,19) и животноводческих (3,00) организациях.

К числу лидеров по этому направлению цифровой зрелости можно отнести «Щелково Агрохим», ООО «Агромир», «Агроробот» и «IZELMAK». К числу отстающих относятся ФГБУ ВНИИЗЖ, ООО «Супер-Агро», «КомплеМет».

Авторами разработана поэтапная схема внедрения и использования сквозных технологий в организациях агропромышленного комплекса (рис. 7).

Мировой опыт использования сквозных цифровых технологий доказывает, что его применение повышает экономическую эффективность сельскохозяйственного производства, увеличивает качество продукции и услуг в агропромышленном комплексе и придает импульс для развития аграрной науки.

Следующим элементом оценки цифровой

зрелости исследуемых организаций стал уровень цифровых компетенций их работников. Вновь компании, которые занимаются производством, продажей и обслуживанием сельскохозяйственной техники, занимают лидирующие позиции по этому направлению (4,67). В растениеводстве и животноводстве уровень развития цифровых компетенций ниже (4,38).

Для повышения качества кадровой политики в сфере знаний, умений и навыков в условиях цифровой трансформации необходимо развивать следующие направления:

1. Развитие базовых и профессиональных компетенций сотрудников. Сюда можно отнести регулярное повышение квалификации в образовательных учреждениях, участие в профессиональных семинарах и конференциях.

2. Развитие личностных компетенций сотрудников. Здесь необходимо учитывать специфику аграрного производства, его сезонность и неравномерность нагрузки работников, поэтому важным является проведение психологических тренингов и разработка индивидуальных планов развития конкретного сотрудника.

3. Введение в штат руководителя цифровой трансформации. В условиях крупных агрохолдингов управленческий персонал обеспечивает разработку и имплементацию стратегических решений в области цифровой трансформации производственных процессов.

Организационная культура у производителей и сервисных компаний сельхозтехники вновь демонстрирует высокий уровень (4,89).

В организациях, которые занимаются растениеводством и животноводством, значение цифровой зрелости по этому направлению чуть ниже (4,69 и 4,38 соответственно). При проведении цифровой трансформации в организациях часто происходит сопротивление сотрудников изменениям. Чаще всего это происходит из-за страха увольнения или увеличения нагрузки. Поэтому важно поддерживать инициативы и предложения сотрудников, обеспечить обмен опытом и знаниями между ними, постоянно проводить сбор и анализ обратной связи от них и внедрять цифровые технологии

на основе полученных отзывов. Кроме того, в сельской местности наблюдаются признаки цифрового разрыва и цифрового неравенства [10]. Это также влияет на степень сопротивления сельских работников на организационные изменения. Необходимо создавать благоприятную цифровую среду не только в организациях, но и в сельских поселениях, для этого необходимо создавать современную информационно-коммуникативную инфраструктуру и повышать уровень цифровой грамотности сельского населения.



Рис. 7 - Направления повышения цифровой зрелости в аспекте использования сквозных технологий (составлено авторами)

К числу экономических преимуществ предложенных авторами рекомендаций можно отнести:

- снижение операционных затрат за счет оптимизации потребления ресурсов в сельскохозяйственном производстве. По данным исследований внедрение различных датчиков потребления воды сокращает водопотребление на 15-30% [11], внесение удобрений с помощью датчиков азота и фосфора снижает затраты на агрохимикаты на 20-40% [12] и мониторинг расхода топлива с помощью GPS-трекинга и телематики уменьшает его перерасход на 10-25% [13];
- снижение сопротивления сотрудников при внедрении цифровых технологий и обучении персонала современным инструментам работы с данными. Исследования показывают, что эффективные программы обучения и вовлечения персонала сокращают сроки внедрения новых технологий на 30-50%;
- повышение качества продукции при использовании цифровых механизмов управления продуктом на всех этапах производства, что увеличивает конкурентоспособность предприятий на рынке [14]. Для агропредприятий совокупная выгода от внедрения таких технологий оценивается в 3-7 млн. руб. в год при выращивании зерновых с площадью посевов

от 1000 га и 10-20 млн. руб. в сегменте овощеводства и плодоводства с площадью от 50 га.

Исходя из полученных результатов проведенного исследования предприятия, занимающиеся производством и обслуживанием сельскохозяйственной техники, имеют повышенные показатели цифровой зрелости. Это обусловлено интенсификацией процессов автоматизации производственных процессов и имплементацией интеллектуальных технологических решений в конечную продукцию, высоким уровнем цифровизации сервисного обслуживания и высокой конкуренцией на рынке, что требует от организаций постоянной внедрения инноваций на основе цифровых решений.

Выводы. Одной из ключевых задач современного этапа экономического развития государства является обеспечение устойчивого роста сельскохозяйственного производства, которое является основой повышения уровня жизни граждан. Для этого российским агропромышленным предприятиям необходимо перейти на новый технологический уклад и преодолеть существующие барьеры.

Эффективность реализации технологических преобразований в аграрной сфере обусловлена влиянием значительного числа

факторов. Цифровая трансформация – основной фактор успешности перехода, а степень цифровой зрелости является индикатором готовности предприятий к предстоящим изменениям. Предложенная индикативная модель оценки цифровой зрелости позволяет подходить к оценке готовности предприятий комплексно, а также определить конкретные направления для дальнейшего развития. Проведенное исследование свидетельствует, что наиболее подготовленными к цифровой трансформации являются предприятия, деятельность которых находится в сфере сельскохозяйственной техники и ремонта.

В предприятиях, которые функционируют в отраслях животноводства и растениеводства цифровые преобразования сдерживаются рядом факторов: слабой степенью использования сквозных технологий и недостаточным уровнем подготовки кадров к будущим изменениям. Таким образом, будущее агропромышленного комплекса тесно связано с внедрением современных цифровых технологий. Они позволят обеспечить дальнейшее устойчивое развитие отрасли, повысить конкурентоспособность в условиях быстроизменяющейся аграрной экономики и достичь экономических целей.

Литература

1. Сафиуллин Н. А. Разработка показателя готовности органов государственной власти к внедрению цифровых технологий и платформенных решений в сферах госуправления и оказания госуслуг на основе анализа стейкхолдеров // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16. № 1 (76). С. 185-193.
2. Черданцев В. П. и др. Понятие и сущность цифровой трансформации и цифровой зрелости АПК // International agricultural journal. 2022. №. 6. С. 1539-1551.
3. Развитие техники как основа цифровой трансформации экономики / А. К. Субаева, В. Т. Водяников, Ю. В. Чутчева, А. В. Эдер // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18. № 1 (69). С. 162-168.
4. Михайлова Л. В., Мухаметгалиев Ф. Н., Валиев А. Р. Фермерство в Республике Татарстан: их роль в системе аграрного бизнеса и тенденция развития // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 2(74). С. 148-153.
5. Подколзина, И. М. Цифровизация как способ активизации инновационной деятельности в сельском хозяйстве / И. М. Подколзина, И. А. Томилина // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 4. С. 8-12.
6. Технологическое развитие отраслей экономики / Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11189> (дата обращения: 30.09.2023).
7. Кузьмич Н. П., Бурчик В. В. Использование и восстановление фонда мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 1. С. 24-29.
8. Беляева А. С., Никитина А. А. О проблемах и перспективах цифровой трансформации отечественного АПК // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 1. С. 34-40.
9. Сравнительный анализ результатов натурных и цифровых линейных измерений 3D-моделей черепов крупного рогатого скота / А. А. Николаев, О. И. Бородецкая, А. А. Сермягин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 9. С. 54-59.
10. Сафиуллин Н. А., Куксин С. В. Анализ причин цифрового разрыва между городским и сельским населением России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 3 (74). С. 163-172.
11. Kundu A. et al. Precision Irrigation Systems for Sustainable Water Management in Maize Cultivation: Impact on Yield and Water Use Efficiency // Indus Journal of Bioscience Research. 2025. Т. 3. №. 1. С. 85-94.
12. Sachin K. S. et al. Sensor-based precision nutrient and irrigation management enhances the physiological performance, water productivity, and yield of soybean under system of crop intensification // Frontiers in Plant Science. 2023. Т. 14. С. 1282217.
13. Reddy R. Innovations in Agricultural Machinery: Assessing the Impact of Advanced Technologies on Farm Efficiency // Journal of Artificial Intelligence and Big Data. 2022. Т. 2. №. 1. С. 10.31586.
14. Тенденции развития цифровых технологий в сельском хозяйстве / А. В. Минаков, И. Н. Сафиуллин, Л. В. Михайлова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 4 (76). С. 111-118.

Сведения об авторах:

Сафиуллин Нияз Азатович – старший преподаватель кафедры управления, государственной и муниципальной службы, e-mail: nsafiullin@outlook.com
Валиев Айрат Расимович – доктор технических наук, профессор, первый проректор, чл.-корр. АН РТ, e-mail: ayuratvaliev@mail.ru
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

MAIN DIRECTIONS OF INCREASING THE DIGITAL MATURITY LEVEL OF ENTERPRISES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX N. A. Safiullin, A. R. Valiev

Abstract. Modern agro-industrial enterprises are actively implementing digital technologies into their operations. However, they differ in size, scope of activity, available resources, and digital skills of employees, so each of these enterprises is differently prepared for digital transformations. The sixth technological order involves the introduction of artificial intelligence technologies, the Internet of things and biotechnologies. However, agricultural specifics create certain limitations when implementing these technologies. These include weak IT infrastructure, lack of specialized devices, shortage of qualified personnel, and insufficient state support. The digital maturity of agricultural enterprises also depends on their innovation activity. According to the authors' research, by 2023, the share of organizations implementing technological, organizational, and marketing innovations in the livestock industry was 8.8% of the total number of organizations implementing such innovations, followed by mixed agriculture at 7.2%, and crop production with 5.4%. The scientific

novelty of the work lies in the development and application of an indicative DMPSTC-analysis model covering six key elements: data usage, process management, product management, application of end-to-end technologies, digital competencies of employees, and organizational culture. The results showed that the highest level of digital maturity is demonstrated by enterprises engaged in agricultural machinery production – 4.87 points, while agricultural enterprises specializing in crop production have a digital maturity level of 4.38 points, and livestock production enterprises have the lowest digital maturity value. The main limiting factors are the lack of qualified personnel, high modernization costs, and significant deficiency of telecommunication infrastructure elements in rural areas. The authors emphasize the need for state support, investment in the development of digital competencies, and modernization of the technological base of the agro-industrial complex.

Key words: digital maturity, digital transformation, artificial intelligence, blockchain, digital competencies.

References

1. Safiullin NA. [Development of an indicator of government readiness to implement digital technologies and platform solutions in the areas of public administration and provision of public services based on stakeholder analysis]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; Vol.16. 1(76). 185-193 p.
2. Cherdantsev VP. [The concept and essence of digital transformation and digital maturity of agro-industrial complex]. *International agricultural journal*. 2022; 6. 1539-1551 p.
3. Subaeva AK, Vodyannikov VT, Chutcheva YuV, Eder AV. [Technology development as the basis for digital transformation of the economy]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; Vol.18. 1(69). 162-168 p.
4. Mikhaylova LV, Mukhametgaliev FN, Valiev AR. [Farming in the Republic of Tatarstan: its role in the agricultural business system and development trends]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; Vol.19. 2(74). 148-153 p.
5. Podkolzina IM, Tomilina IA. [Digitalization as a way to enhance innovation in agriculture]. *Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii*. 2020; 4. 8-12 p.
6. Technological development of economic sectors. [Internet]. Rosstat. [cited 2023, September 30]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/folder/11189>.
7. Kuzmich NP, Burchik VV. [Usage and restoration of the reclaimed agricultural land fund]. *Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii*. 2022; 1. 24-29 p.
8. Belyaeva AS, Nikitina AA. [On the problems and prospects of digital transformation of domestic agro-industrial complex]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023; Vol.37. 1. 34-40 p.
9. Nikolaev AA, Boronetskaya OI, Sermyagin AA. [Comparative analysis of the results of natural and digital linear measurements of 3D models of cattle skulls]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023; Vol.37. 9. 54-59 p.
10. Safiullin NA, Kuksin SV. [Analysis of the causes of the digital divide between urban and rural population of Russia]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022; Vol.15. 3(74). 163-172 p.
11. Kundu A. Precision irrigation systems for sustainable water management in maize cultivation: impact on yield and water use efficiency. *Indus Journal of Bioscience Research*. 2025; Vol.3. 1. 85-94 p.
12. Sachin KS. Sensor-based precision nutrient and irrigation management enhances the physiological performance, water productivity, and yield of soybean under system of crop intensification. *Frontiers in Plant Science*. 2023; Vol.14. Article 1282217.
13. Reddy R. Innovations in agricultural machinery: assessing the impact of advanced technologies on farm efficiency. *Journal of Artificial Intelligence and Big Data*. 2022; Vol.2. 1. 10.31586 p.
14. Minakov AV, Safiullin IN, Mikhaylova LV. [Digital technology development trends in of in agriculture]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; Vol.19. 4(76). 111-118 p.

Authors:

Safiullin Niyaz Azatovich – senior lecturer of the Department of Management, State and Municipal Service, e-mail: nsafiullin@outlook.com

Valiev Ayrat Rasimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-rector, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, e-mail: ayratvaliev@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.