

Светлана ТАКУН

*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси,
Минск, Республика Беларусь,
e-mail: svetan1@mail.ru*

УДК 631.152:005.57(476)
<https://doi.org/10.29235/1818-9806-2026-1-16-33>

Оценка и предложения по нивелированию барьеров и проблемных зон цифровизации сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь

Разработан алгоритм выявления и количественной оценки барьеров цифровизации, произведена его апробация применительно к условиям Республики Беларусь. Выполнен глубинный анализ факторов и определены ключевые проблемы недостаточного уровня применения цифровых решений в системе менеджмента аграрного производства, на основе чего сформированы предложения по их нивелированию.

Ключевые слова: цифровизация сельскохозяйственных организаций, управление сельскохозяйственным производством, интеллектуальные системы, барьеры и проблемные зоны цифровизации, диаграмма Исикиавы, метод попарного сравнения.

Svetlana TAKUN

*Institute of System Researches in the Agroindustrial Complex
of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: svetan1@mail.ru*

Assessment and proposals for eliminating barriers and problem areas in the digitalization of agricultural organizations in the Republic of Belarus

An algorithm for identifying and quantifying barriers to digitalization was developed and tested using the Republic of Belarus as an example. An in-depth analysis of the factors identified key issues related to the insufficient implementation of digital solutions in agricultural production management systems, which was used to develop proposals for mitigating these barriers.

Keywords: digitalization of agricultural organizations, agricultural production management, intelligent systems, barriers and problem areas to digitalization, Ishikawa diagram, paired comparison method.

Введение

Современная модель развития сельскохозяйственного производства характеризуется значительным ростом влияния цифровых технологий, которые выступают основой трансформации традиционных управленческих парадигм. Интеллектуальные системы, базирующиеся на алгоритмах машинного обучения,

© Такун С., 2026

искусственного интеллекта и больших данных, позволяют существенно повысить эффективность, обеспечить ресурсную оптимизацию и сформировать базис устойчивого развития агропромышленного комплекса. Исследования в данной области подтверждают значительный потенциал цифровых решений для выполнения ряда задач, включая точное земледелие, аутсорсинг агрономического мониторинга, интеллектуальное управление животноводческими комплексами, а также высокоточное прогнозирование урожайности, оптимизацию логистических цепочек и пр.

Тем не менее внедрение и последующая эксплуатация передовых интеллектуальных решений в реальной практике сельскохозяйственных предприятий сопряжены с экзогенными и эндогенными факторами, ограничивающими максимальное раскрытие потенциала этих субъектов хозяйствования. Анализ научной литературы позволяет идентифицировать многообразие барьеров, предопределенных внешними условиями (инфраструктурными, регуляторными, когнитивными), и проблемных зон, связанных с внутренними организационно-техническими и человеческими аспектами деятельности сельхозорганизаций. Систематизация и категоризация данного спектра препятствий является значимой научно-практической задачей, поскольку ее решение служит основой для разработки целенаправленных стратегий успешной цифровой трансформации аграрного сектора.

Материалы и методы

Теоретической и методологической базой исследования стали труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам внедрения и использования цифровых технологий в системе управления сельскохозяйственными предприятиями. Использовались следующие методы: монографический, формально-логический, аналитический, системного анализа и синтеза, анкетирования, экспертного опроса, построения диаграммы Исиакавы, попарного сравнения и др.

Основная часть

В современной научной литературе представлено большое количество исследований, посвященных барьерам внедрения и применения цифровых технологий и интеллектуальных систем в управлении сельскохозяйственным производством [1–11]. Вместе с тем отмечается недостаточная разработанность методологических аспектов, касающихся выявления и оценки данных препятствий. Сосредоточение на количественных и качественных методах анализа, а также интеграция междисциплинарных подходов в исследовании этих барьеров являются необходимыми условиями для формирования комплексного подхода, что, в свою очередь, позволит более оперативно и с наименьшими затратами реализовать сильные стороны цифровизации в агросекторе.

Для выявления актуальных препятствий при внедрении и использовании цифровых технологий в практике управления сельскохозяйственным производством нами разработан алгоритм, состоящий из 8 этапов (рис. 1).

В контексте внедрения и применения цифровых и интеллектуальных систем в сельскохозяйственном производстве необходимо четко дифференцировать понятия «барьер» и «проблемная зона». Согласно определению, барьер (от англ. barrier) представляет собой внешнее препятствие, объективно ограничивающее или замедляющее процесс внедрения или использования инноваций. Проблемная зона (от англ. problem area) относится к внутренним сложностям, обусловленным спецификой организации, технологическим уровнем, квалификацией персонала и другими факторами.

Данное разграничение согласуется с мнениями исследователей, представленными в научной литературе. Например, М. Портер рассматривает барьеры как внешние факторы, часто связанные с регулированием, инфраструктурой или

Последовательность действий при идентификации и оценке барьеров и проблемных зон цифровизации управления сельскохозяйственным производством на уровне предприятий

Этап 1. Выделение двух групп условий, препятствующих эффективному внедрению и использованию цифровых решений: барьеры (экстернальные аспекты) и проблемные зоны (внутренние условия)

Этап 2. Выбор методик оценки значимости для барьеров: экспертные оценки, статистический анализ данных, анализ первопричин, затрат и выгод

Этап 3. Оценка барьеров при помощи отобранных методов (анкетирование и экспертный опрос методом попарного сравнения)

Этап 4. Статистический анализ проведенной оценки (расчет моды, медианы, коэффициента вариации и пр.)

Этап 5. Выбор метода количественного измерения приоритетности для проблемных зон (экспертный опрос либо анкетирование)

Этап 6. Построение причинно-следственных связей по головной проблеме (при помощи диаграммы Исикавы)

Этап 7. Анализ и количественная оценка проблемных зон (методами экспертного опроса либо анкетирования)

Этап 8. Разработка рекомендаций по преодолению барьеров (для внешних субъектов) и решению проблем (для внутреннего менеджмента)

Рис. 1. Алгоритм идентификации и оценки барьеров и проблемных зон внедрения и использования цифровых решений в управлении сельскохозяйственным производством (выполнен по результатам собственных исследований)

экономическими условиями [12], в то время как Э. Гидденс при определении проблемных зон акцентирует, что они могут быть связаны с недостатками таких внутренних факторов, как навыки, знания или ресурсы [13]. Важно отметить, что барьеры иногда могут быть частью проблемных зон. При этом последние способны существовать независимо от явных барьеров, но потребовать решения (устранения) тех или иных препятствий по причине множества воздействующих факторов.

Систематизация мнений различных исследователей позволила сформировать отличительные характеристики понятий «барьер» и «проблемная зона» применительно к реализуемому на предприятии инновационному проекту цифровизации (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Основные отличия понятий «барьер» и «проблемная зона» реализации инновационного проекта

Характеристика	Барьеры	Проблемные зоны
Определение	Условия, препятствующие достижению цели	Области, требующие улучшения или решения
По отношению к объекту влияния	Внешние	Внутренние
Характер	Конкретные и измеримые	Общие и сложные, требующие факторной декомпозиции
Влияние	Препятствуют достижению цели	Ограничивают эффективность и результативность
Ответственность по нивелированию	Внешние субъекты (государственные органы, поставщики цифровых решений (ЦР), научно-исследовательские и образовательные учреждения и др.)	Менеджеры предприятий различного уровня

П р и м е ч а н и е. Составлена по результатам собственных исследований.

Для определения перечня препятствий в процессах внедрения и применения интеллектуальных технологий необходимо использовать анализ профильных исследований, интервьюирование экспертов, а также опросы специалистов на различных мероприятиях (конференции, круглые столы и пр.).

Важным этапом предлагаемого алгоритма является приоритизация барьеров и проблемных зон при помощи количественной оценки их значимости, которая позволяет определить предпочтительность усилий по их нивелированию. Выбор метода производится на основе сопоставления подходов (рис. 2) с учетом целевых ориентиров и бюджета исследования.

Для выявления наиболее актуальных для сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь барьеров и ограничений, препятствующих широкому внедрению цифровых технологий, проводились исследования с применением методов анкетирования и экспертного опроса на базе институтов повышения квалификации и переподготовки кадров при Белорусской государственной сельскохозяйственной академии и Белорусском государственном аграрном техни-

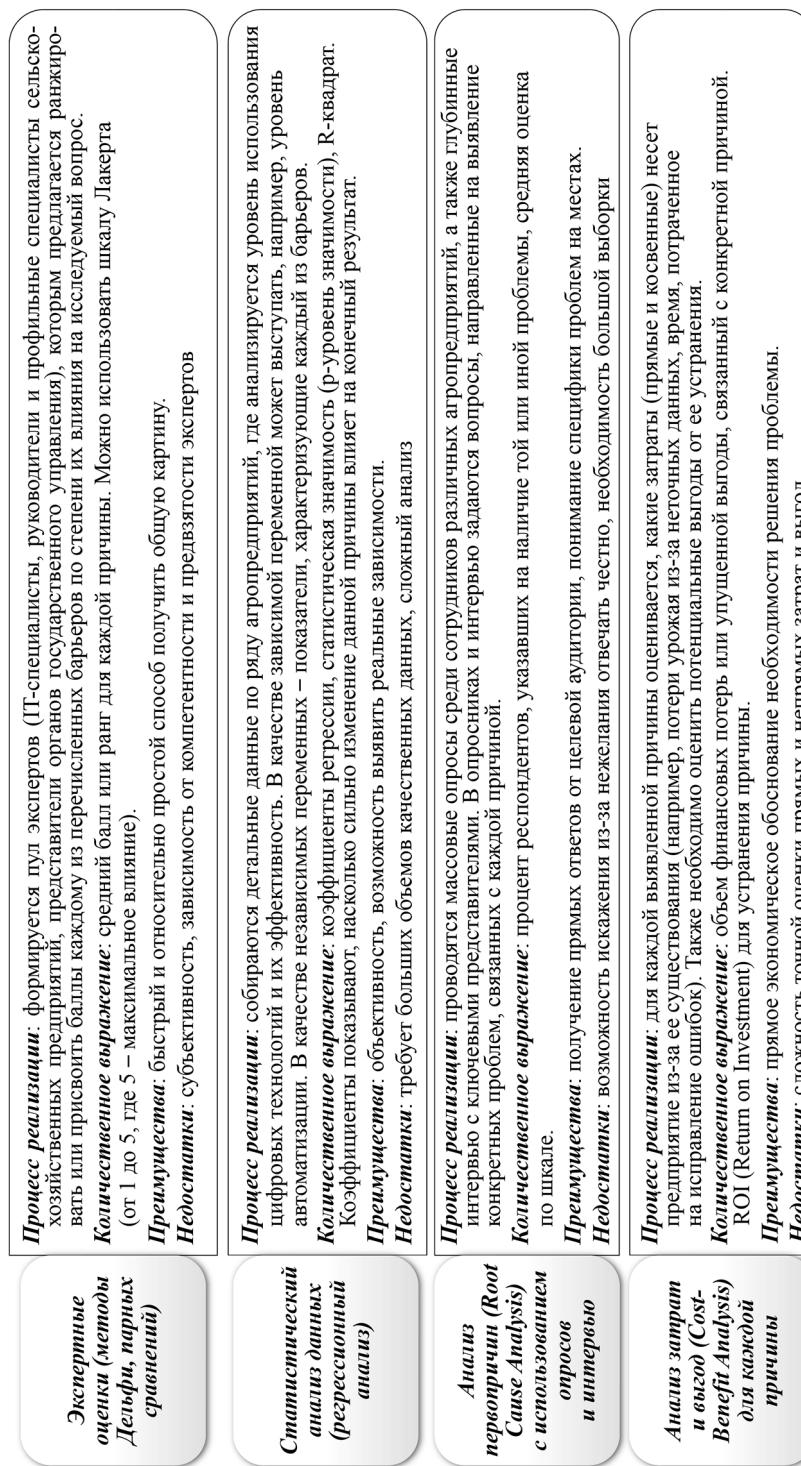


Рис. 2. Систематизация подходов к количественной оценке значимости барьеров
(выполнен по результатам собственных исследований)

ческом университете, а также технопарков «Горки» и «Полесье», Полесского государственного университета. Всего было опрошено 96 респондентов (специалисты предприятий (агрономы, зоотехники, инженеры, заведующие фермами, бухгалтеры и экономисты), технопарков, государственных органов, дилеров цифровых решений, а также преподаватели и др.). Опросные листы были составлены по следующим блокам:

оценка барьеров цифровизации по 10-балльной шкале в зависимости от актуальности для конкретного сельскохозяйственного предприятия;

попарное сравнение барьеров цифровизации с присвоением баллов 0, 1 или 2 для экспертной оценки.

Опрос позволил оценить актуальность для сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь ограничений, препятствующих широкому применению в их деятельности цифровых технологий (табл. 2). Наиболее высокую значимость респонденты присвоили таким барьерам применения цифровых инструментов, как:

дефицит специалистов, владеющих цифровыми технологиями в сельскохозяйственном производстве, – средний балл 7,1;

недостаточный уровень методической поддержки, нехватка примеров использования цифровых технологий в работе конкретных специалистов – средний балл 7,0;

отсутствие отраслевой комплексной стратегии цифровизации – средний балл 6,9.

Более низкими баллами были оценены следующие барьеры цифровизации в сельскохозяйственном производстве:

отсутствие единых стандартов сбора, хранения и обмена данными – средний балл 6,2;

недостаток на рынке отечественной техники и программного обеспечения для эффективного применения цифровых технологий – средний балл 5,8;

недостаточный уровень охвата и качества высокоскоростной связи на территориально разбросанных объектах сельскохозяйственной организации – средний балл 5,5.

В целом по выделенным группам барьеров респонденты определили их актуальность в следующей очередности: наибольшая значимость определена по группе «кадровые» – 7,0 балла; на 2-м месте расположилась группа «информационно-методические» со средним значением актуальности для сельскохозяйственных организаций – 6,7 балла; далее разместились группы – «финансово-организационные» и «технически-инфраструктурные» (3-я (6,2 балла) и 4-я (5,9 балла) позиция соответственно).

В качестве предложений по дополнению списка барьеров, приведенных в анкете, высказывались следующие:

недостаточное количество учебных и учебно-методических комплексов, курсов по цифровым технологиям в программах подготовки специалистов аграрного профиля в учреждениях высшего и среднего специального образования;

сложность проведения независимой экспертизы и оценки эффективности использования цифровых технологий;

ограниченность финансовых инструментов поддержки внедрения цифровых технологий.

Для дополнительной оценки применялась методика экспертного опроса путем попарного сравнения альтернатив (см. табл. 2), преимущества которой обусловлено возможностью сопоставить каждый вариант барьеров друг с другом и определить их относительную важность. Для этого эксперт выбирал барьер, который считал более значимым. При этом указывалась степень его важности (0 – равная значимость, 1 – более значимый, 2 – значительно более значимый). Далее по каждому варианту баллы суммировались, рассчитывалось среднее значение по анкетам всех экспертов, на основе чего определялся их ранг (место, занимаемое в ряду барьеров).

Т а б л и ц а 2. Оценка значимости барьеров цифровизации в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь

Шифр	Классификация барьеров по группам	Среднее значение по результатам анкетирования, баллов	Ранг на основе	
			анкетирования	экспертного опроса
К	Кадровые	7,0		
K1	Дефицит специалистов, владеющих цифровыми технологиями в сельскохозяйственном производстве	7,1	1	2
K2	Недостаточный уровень материальной и иной мотивации применения цифровых технологий сотрудниками	6,8	4	4
И	Информационно-методические	6,7		
I1	Недостаточный уровень методической поддержки, нехватка примеров использования цифровых технологий в работе конкретных специалистов	7,0	2	1
I2	Отсутствие отраслевой комплексной стратегии цифровизации	6,9	3	2
I3	Нехватка понятных и достаточно подробных инструкций по применению цифрового продукта	6,3	7	4
Ф	Финансово-организационные	6,2		
Ф1	Высокая стоимость внедрения и обслуживания цифровых технологий	6,4	6	3
Ф2	Необходимость дублирования отчетности в электронном и бумажном виде в силу отсутствия законодательного разрешения ведения отчетности только в электронном виде	6,5	5	3
Ф3	Недостаток на рынке отечественной техники и программного обеспечения для эффективного применения цифровых технологий	5,8	9	5

Окончание табл. 2

Шифр	Классификация барьеров по группам	Среднее значение по результатам анкетирования, баллов	Ранг на основе	
			анкетирования	экспертного опроса
Т	Технически-инфраструктурные		5,9	
T1	Отсутствие единых стандартов сбора, хранения и обмена данными	6,2	8	5
T2	Недостаточный уровень охвата и качества высокоскоростной связи на территориально разбросанных объектах сельскохозяйственной организации	5,5	10	6

П р и м е ч а н и е. Составлена по результатам собственных исследований.

Стоит отметить, что при анализе результатов анкетирования по подгруппам, выделенным в соответствии с количеством сельскохозяйственных земель предприятий, было установлено, что итоговые места групп барьеров цифровизации распределяются иным образом, нежели в целом по совокупности опрошенных специалистов хозяйств. Так, в подгруппе хозяйств с площадью сельскохозяйственных земель более 7 тыс. га на 1-м месте по актуальности оказалась группа информационно-методических барьеров с оценкой 7,2 балла, а для хозяйств с площадью сельскохозяйственных земель менее 7 тыс. га более существенным барьером цифровизации представляется высокая стоимость внедрения технологий. Также и при делении исследуемой совокупности анкет на подгруппы по уровню экономической эффективности организации относительно среднереспубликанского выяснилось, что для подгруппы с рентабельностью продаж выше среднего более актуальной является информационно-методическая группа барьеров, для подгруппы с низкой эффективностью – финансово-организационная.

Исследования показали, что наиболее близкими результатами к среднему значению характеризуются кадровая (коэффициент вариации составил от 22 до 29 %) и финансово-организационная (коэффициент вариации от 25 до 34 %) группы барьеров, что характеризуется как однородная совокупность данных. Наименее солидарными были специалисты сельскохозяйственных предприятий при оценке технически-инфраструктурной группы барьеров применения цифровых технологий (здесь коэффициент вариации составил от 45,2 % по виду барьеров «недостаточный уровень охвата и качества высокоскоростной связи на территориально разбросанных объектах сельскохозяйственной организации» до 51,1 % по барьеру «отсутствие единых стандартов сбора, хранения и обмена данными»). Это объясняется наличием существенного уровня дифференциации развития информационно-коммуникационной инфраструктуры предприятий, а также разнообразием видов применяемого программного обеспечения.

Для системной оценки проблемных зон внедрения и эффективного использования интеллектуальных решений в управлении сельскохозяйственным производством нами предлагается применять метод диаграммы Исикавы (также

известный как причинно-следственная диаграмма, диаграмма «рыбьей кости»). Он является мощным инструментом качественного анализа. Основное назначение диаграммы состоит в визуализации и систематизации потенциальных причин определенной проблемы. Данная методология предполагает структурирование причин по заранее определенным категориям, которые традиционно включают «людей», «методы», «машины», «материалы», «измерения» и «окружающую среду» (6М) [14]. В контексте внедрения и использования интеллектуальных решений эти категории могут быть адаптированы для более точного отражения специфики исследуемой проблематики.

Эффективность применения диаграммы Исикавы к оценке проблемных зон процессов внедрения и эффективного использования цифровых и интеллектуальных систем в сельскохозяйственном производстве обусловлена рядом особенностей данной методологии, представленных на рис. 3.

В рамках апробации применения данной методологии опрос специалистов и руководителей сельскохозяйственных предприятий позволил:

сформировать диаграмму Исикавы по головной проблеме «недостаточный уровень внедрения цифровых решений в сельскохозяйственных организациях» (рис. 4);

оценить количественно факторы первого уровня по четырем проблемным зонам: персонал, технологии и оборудование, процессы и управление, экономика;

определить более глубинные причины исследуемой проблемы для каждого фактора первого порядка (рис. 5–8).

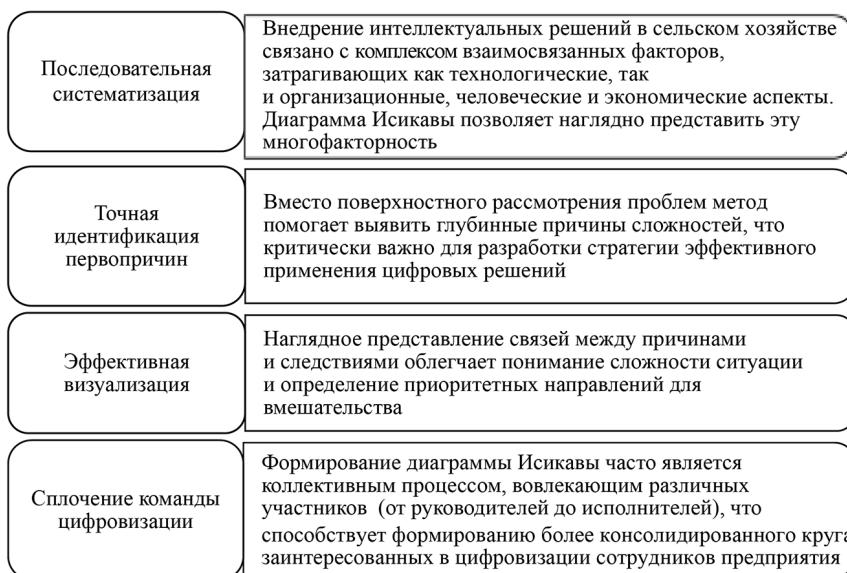


Рис. 3. Перечень аргументов результативности применения методологии диаграммы Исикавы для анализа проблемы «недостаточный уровень внедрения цифровых решений в сельскохозяйственных организациях» (выполнен по результатам собственных исследований)

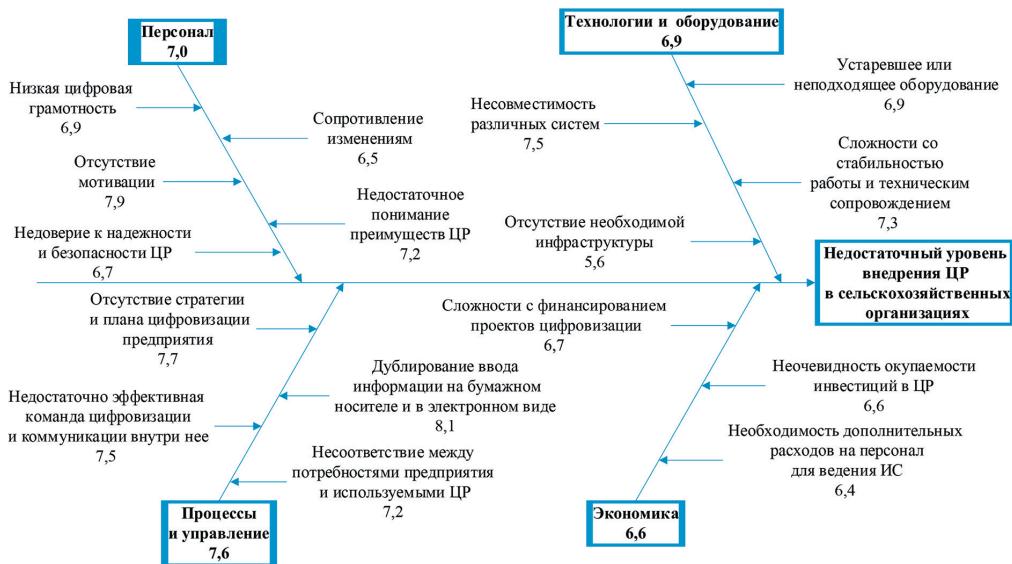


Рис. 4. Анализ причинно-следственных связей при помощи диаграммы Исикавы по проблеме «недостаточный уровень внедрения цифровых решений в сельскохозяйственных организациях» (выполнен по результатам собственных исследований)

Комплексный анализ факторов второго порядка позволяет: сформировать индивидуализированный перечень мер для стратегии развития цифровых технологий, которая учитывает специфические особенности каждого предприятия; эффективно устранить проблемные зоны внедрения и применения цифровых и интеллектуальных систем в управлении сельскохозяйственным производством.

В результате исследований в рамках выявления барьеров и проблемных зон, препятствующих цифровизации управления сельскохозяйственным производством, был разработан комплекс приоритетных мер по их нивелированию (рис. 9), систематизированных по группам субъектов внешней (органы государственного управления, учреждения образования, научно-исследовательские организации, разработчики цифровых решений, прочая инновационная инфраструктура (технопарки, ассоциации производителей, центры компетенций, бизнес-инкубаторы, кластеры и др.)) и внутренней (руководитель, главные специалисты, работники, команда цифровизации) среды, которые принимают непосредственное участие в процессах их реализации.

Актуальным направлением является активизация роли Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь в процессах цифровой трансформации отрасли, что может быть реализовано путем:

разработки и выполнения комплексной государственной отраслевой стратегии цифровизации агропромышленного комплекса;

формирования долгосрочных прогнозов потребности в цифровых решениях и определения приоритетных направлений для их разработки и внедрения;

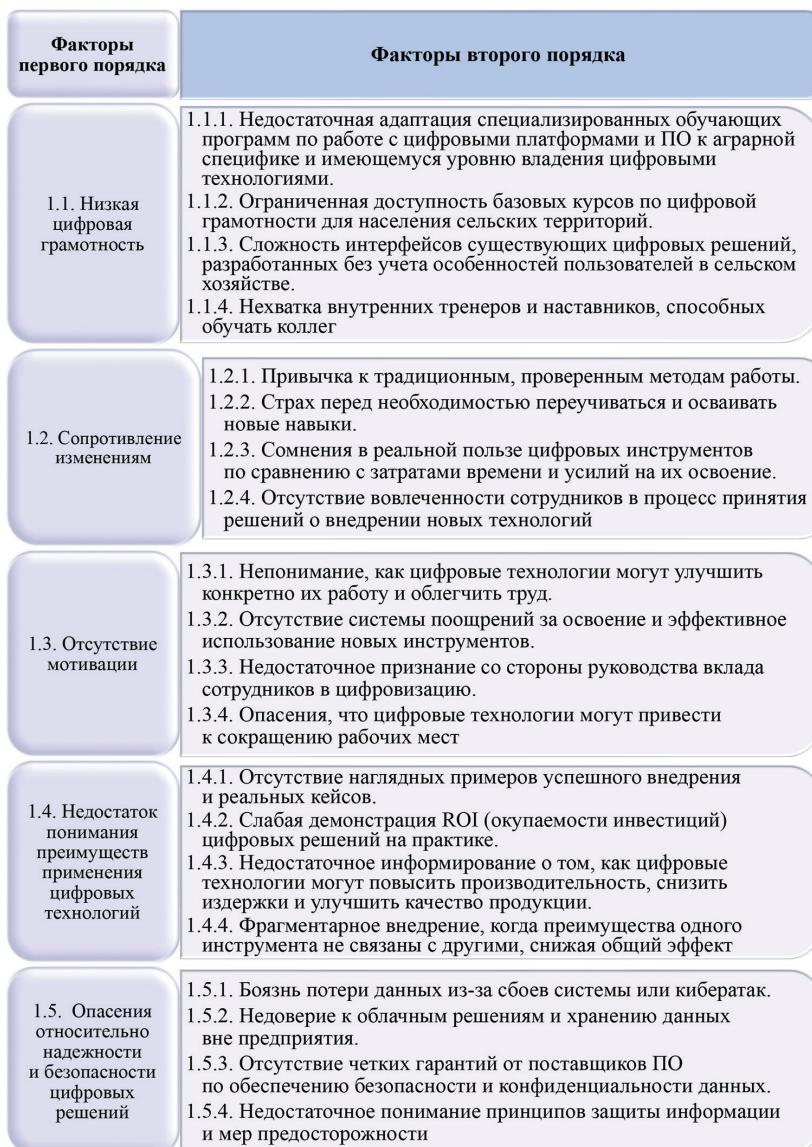


Рис. 5. Углубленный причинно-следственный анализ проблемы неэффективного использования цифровых технологий по проблемной зоне «персонал» (выполнен по результатам собственных исследований)

создания в структуре Минсельхозпрода экспертной группы по вопросам цифровизации отрасли.

Важнейшим звеном успешного развития диджитализации в аграрной отрасли является формирование системы независимой экспертизы и оценки эффективности внедрения цифровых технологий для предоставления объективных

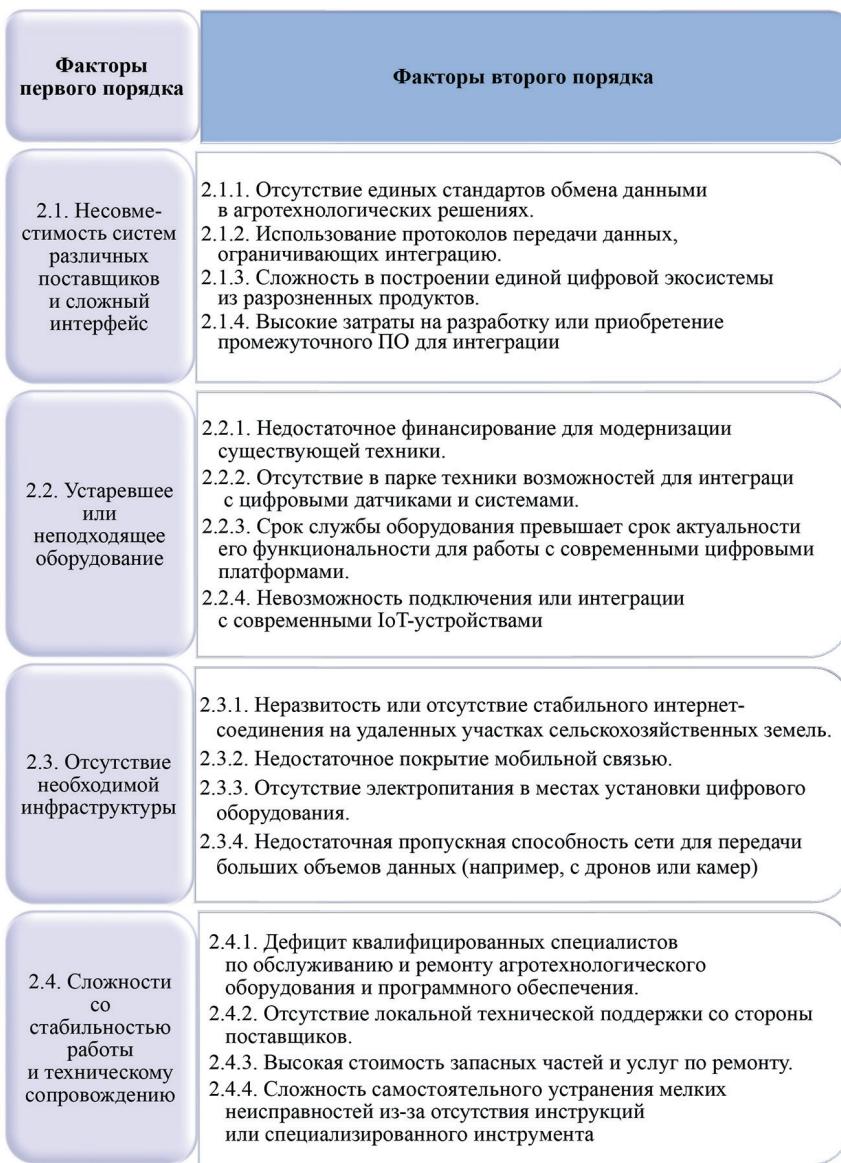


Рис. 6. Углубленный причинно-следственный анализ проблемы неэффективного использования цифровых технологий по проблемной зоне «технологии и оборудование»
(выполнен по результатам собственных исследований)

рекомендаций предприятиям. Эта система может быть построена на основе взаимодействия Минсельхозпрода, Минсвязи и специалистов НАН Беларусь.

Под патронажем Минсельхозпрода целесообразно организовать масштабную образовательную и популяризирующую кампанию среди руководителей и специалистов районных управлений и областных комитетов по сельскому хозяйству.

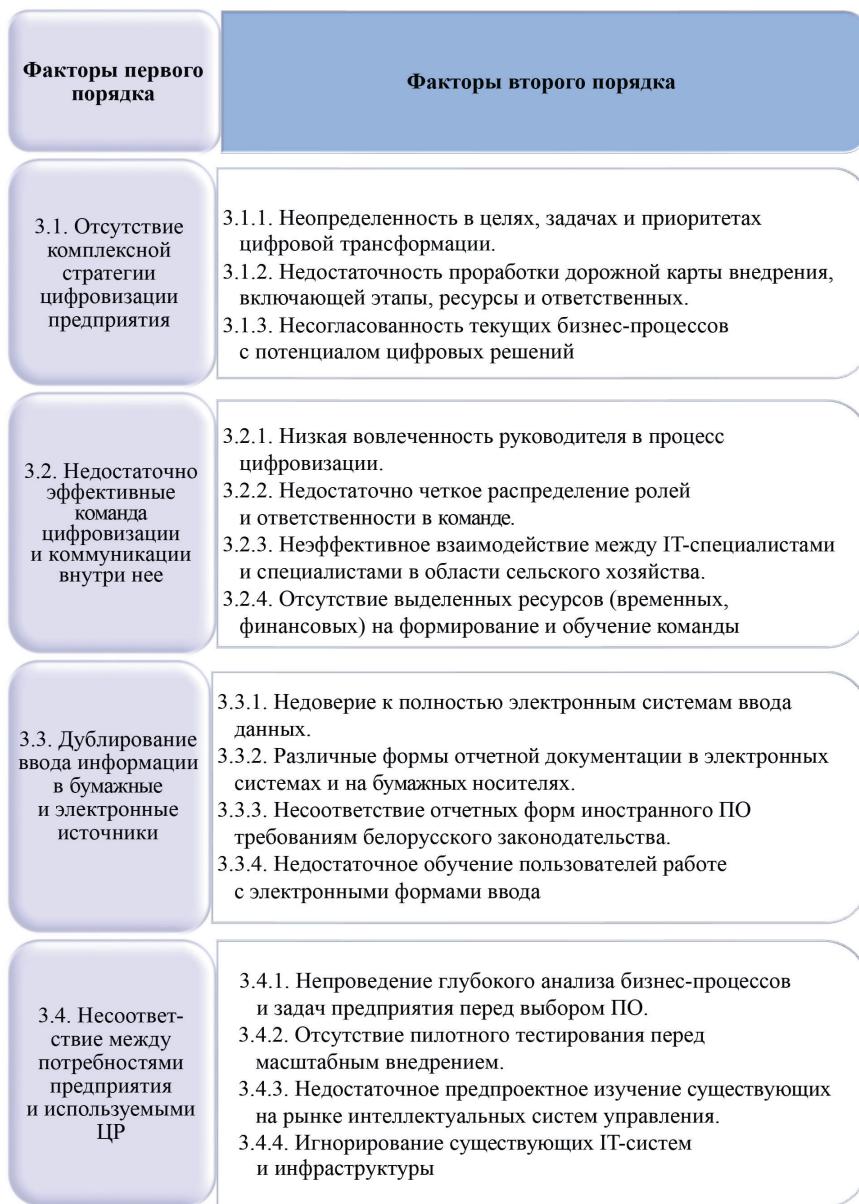


Рис. 7. Углубленный причинно-следственный анализ проблемы неэффективного использования цифровых технологий по проблемной зоне «процессы и управление»
(выполнен по результатам собственных исследований)

ству в целях повышения понимания значимости и эффективности применения цифровых технологий в отраслях аграрного производства и управлении хозяйствами, а также особенностей конкретных передовых интеллектуальных решений.



Рис. 8. Углубленный причинно-следственный анализ проблемы неэффективного использования цифровых технологий по проблемной зоне «экономика» (выполнен по результатам собственных исследований)

На основе государственно-частного партнерства учреждений образования, организаций НАН Беларуси и дилеров цифровых решений требуется расширение предоставления доступа к конкретным цифровым продуктам для учебных целей и научных исследований.

Как показывает зарубежный опыт, эффективными драйверами роста применения цифровых решений в производстве являются центры цифровых компетенций, которые ориентированы в первую очередь на распространение знаний, методическую поддержку и развитие экосистемы цифровизации, аккумулируют опыт и практические кейсы внедрения инновационных решений, проводят

Органы государственного управления	Учреждения образования	Научные организации и исследовательские	Разработчики цифровых решений и их дилеры	Инновационная инфраструктура (технопарки и др.)
Активизация роли Минсельхозпраха в цифровизации отрасли. Формирование комплексной стратегии отраслевого цифрового развития. Расширение механизмов государственной поддержки разработки и внедрения отечественных цифровых решений. Развитие телекоммуникационной инфраструктуры в сельской местности. Развитие системы независимой экспертизы и оценки эффективности внедрения ЦР	Расширение модулей по ЦТ в программах подготовки специалистов отрасли. Создание практико-ориентированных курсов повышения квалификации по работе с конкретными цифровыми инструментами и интеллектуальными системами. Формирование учебно-методических комплексов, видеоматериалов, алгоритмизированных к специфике сельскохозяйственного производства, для обучения персонала	Разработка и апробирование методик внедрения и использования интеллектуальных систем с учетом отраслевой специфики. Создание демонстрационных плαιорадок и реализация независимых испытаний для демонстрации практической эффективности ЦР. Исследование и адаптация лучших мировых практик в области цифровизации сельского хозяйства. Разработка рекомендаций по стандартизации и прототипам обмена данными для различных ЦР	Доработка цифровых решений в сторону более интуитивно понятных и доступных интерфейсов. Предоставление методической поддержки процессов внедрения и эксплуатации своих цифровых решений. Внедрение циферблатных подходов установления тарифов на цифровые услуги с учетом финансовых возможностей различных категорий сельхозпредприятий. Активизация взаимодействия с научными и образовательными организациями успешных кейсов	Формирование центров цифровых компетенций. Организация взаимодействия между стартапами, бизнесом и научными организациями для выполнения совместных проектов. Организация отраслевых хакатонов и конкурсов для привлечения ГР-разработчиков к решению конкретных проблем агропредприятий. Проведение мероприятий (конференций, выставок, выездных мероприятий) для обмена опытом и демонстрации успешных кейсов
КРИТЕРИИ ДОСТИЖЕНИЯ (УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ)	ЦЕЛЬ: Интеллектуальное сельскохозяйственное производство			
<i>Наличие цифрового двойника поля/фермы/предприятия</i>	<i>Высокоточное прогнозирование производства и продаж при помощи ИИ</i>			
<i>Применение систем поддержки принятия решений</i>	<i>Полная автоматизация управления производственными процессами</i>			
<i>Применение технологий прензионного земледелия</i>	<i>Полный охват машинно-тракторного парка телематическими системами</i>			
Разработка стратегии и дорожной карты цифровизации. Обеспечение системы действенной мотивации применения ЦР. Инвестирование в развитие цифровых компетенций работников. Обеспечение организационного лидерства и вовлеченности. Формирование эффективной команды цифровизации	Активное участие в подготовительном этапе цифровизации, формулировка профильных требований к планируемому ЦР. Обеспечение контроля достоверности и актуальности вносимых в ИС данных. Максимальное использование собираемых данных и возможностей ИС. Помощь поличленным в применении ЦР	Соблюдение регламентов сбора и ввода данных. Обеспечение эффективной обратной связи с руководством и командой цифровизации. Вовлеченность в процесс цифровизации. Активное участие в обучении цифровым технологиям и посредством передаче знаний	Формирование интегрированной цифровой среды организации с однократным вводом информации в ИС. Обеспечение кибербезопасности и стабильности работы ЦР. Предоставление оперативной технической поддержки. Визуализация данных и максимизация автоматического формирования аналитических отчетов	
Руководитель	Главные специалисты хозяйства	Работники предприятия	Работники цифровизации	Рабочая группа цифровизации

Рис. 9. Комплекс мер по ликвидации барьеров и проблемных зон цифровизации сельскохозяйственных предприятий в Республике Беларусь (выполнен по результатам собственных исследований)

тренинги, организуют пилотные и демонстрационные проекты, помогают осваивать технологии и стандарты.

Во внутренней среде предприятия наиболее приоритетными мерами являются: активное личное участие руководителя во всех процессах цифровой трансформации, а также разработка ее подробной стратегии с привлечением сильных внешних консультантов и выделением ответственных лиц внутри организации, подбором эффективной системы их мотивации;

обеспечение вовлеченности всех сотрудников в процессы цифровизации за счет активной образовательной стратегии, а также наглядной демонстрации выгод и преимуществ применения цифровых инструментов на каждом рабочем месте.

Научная новизна представленной методологии заключается в комплексном и последовательном подходе к выявлению и анализу барьеров и проблемных зон при внедрении цифровых и интеллектуальных систем в сельском хозяйстве. Разработанный алгоритм позволяет систематизировать препятствия, дифференцировать их по природе (барьеры и проблемные зоны) и глубине (первый и второй уровни причинно-следственных связей), а также количественно оценить их значимость. Применение диаграммы Исикавы, адаптированной к специфике аграрного производства для анализа внутренних проблемных зон, является важным элементом новизны, позволяющим не только идентифицировать проблемы, но и выявить их первопричины, что критически важно для разработки действенных рекомендаций. Сочетание анкетирования и экспертных опросов с последующим статистическим анализом обеспечивает репрезентативность и достоверность полученных результатов.

Заключение

Исследования в рамках апробации предложенного алгоритма позволили комплексно проанализировать барьеры и проблемные зоны, возникающие при внедрении и использовании цифровых и интеллектуальных систем в сельском хозяйстве Республики Беларусь, в результате чего:

проведена дифференциация между внешними препятствиями (барьерами) и внутренними сложностями (проблемными зонами), что является основой для дальнейшего анализа;

систематизированы различные подходы к количественной оценке значимости барьеров, включая экспертные оценки, статистический анализ данных, анализ первопричин, затрат и выгод, что позволяет выбрать наиболее адекватные инструменты;

на основе анкетирования и экспертного опроса установлено, что наиболее значимыми барьерами для сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь являются кадровые (дефицит специалистов), информационно-методические (недостаточная методическая поддержка, отсутствие отраслевой стратегии)

и финансово-организационные (высокая стоимость внедрения). Статистический анализ данных подтвердил неоднородность мнений респондентов по ряду вопросов, особенно касающихся технически-инфраструктурных барьеров, что отражает специфику регионального развития;

обоснована целесообразность применения диаграммы Исиавы для системной оценки проблемных зон. При помощи данного инструмента современного менеджмента идентифицированы глубинные причины недостаточного уровня внедрения цифровых решений, которые классифицированы по ключевым проблемным зонам: персонал, технологии и оборудование, процессы и управление, экономика;

определены приоритетные проблемные зоны, такие как отсутствие стратегии цифровизации, дублирование ввода информации, недостаточно эффективная команда цифровизации, а также низкая цифровая грамотность персонала и отсутствие мотивации.

На основе ранжирования приоритетности барьеров и проблемных зон был определен комплекс мер по их нивелированию, сгруппированных по субъектам внешней и внутренней среды. Среди наиболее актуальных предложений выделены: разработка и реализация комплексной государственной отраслевой стратегии цифровизации агропромышленного комплекса; формирование в структуре Минсельхозпрода экспертной группы по вопросам цифровизации отрасли; стимулирование расширения предоставления доступа к конкретным цифровым продуктам для учебных целей; создание центров цифровых компетенций; проведение масштабной кампании по популяризации цифровизации сельскохозяйственного производства.

Предложены направления и индикаторы, по которым можно отслеживать развитие цифровых технологий в аграрной отрасли, а также критерии достижения интеллектуального сельскохозяйственного производства: наличие цифрового двойника поля/фермы/предприятия; применение систем поддержки принятия решений; полный охват машинно-тракторного парка телематическими системами; использование технологий прецизионного земледелия; высокоточное прогнозирование производства и продаж при помощи искусственного интеллекта; полная автоматизация управления производственными процессами.

ПРИМЕЧАНИЕ

Исследование выполнено в рамках ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы, подпрограмма 9.7 «Экономика АПК», НИР 7.5.1 «Разработка методологических подходов и предложений по устранению барьеров и стимулированию широкого внедрения цифровых технологий и систем для эффективного управления аграрным производством, в том числе: разработка мер и мероприятий по наращиванию объемов применения технологий точного земледелия в сельскохозяйственных организациях» (№ ГР 20250032).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Казакевич, П. Концептуальные основы развития цифрового сельского хозяйства / П. Казакевич, А. Пилипук, А. Такун // Наука и инновации. – 2022. – № 6. – С. 10–15. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-6-10-15>.
2. Иванов, С. Л. Региональная специфика цифровизации малого и среднего бизнеса: факторы, барьеры, способы преодоления / С. Л. Иванов // Вопросы территориального развития. – 2024. – Т. 12, № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/regionnaya-spetsifika-tsifrovizatsii-malogo-i-srednego-biznesa-faktory-bariery-sposoby-preodoleniya> (дата обращения: 15.12.2025).
3. Такун, С. П. Барьеры и перспективы развития цифровизации в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь / С. П. Такун // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы: сб. тр. XVIII Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 26 апр. 2024 г. – Пинск: Полес. гос. ун-т, 2024. – С. 168–171.
4. Мухаметов, Д. Р. Политические риски и барьеры цифровизации / Д. Р. Мухаметов // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 58–64. <https://doi.org/10.26794/2226-7867-2020-10-4-58-64>.
5. Франгян, Ф. Р. Барьеры на пути цифровизации субъектов МСП / Ф. Р. Франгян // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 31. – С. 1009–1012.
6. Современные стратегии внедрения цифровых технологий в аграрном секторе Союзного государства: опыт Республики Беларусь / В. А. Дадалко, С. В. Сидоренко, А. А. Ефремов [и др.] // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2025. – № 8. – С. 15–23.
7. Такун, А. П. Цифровая трансформация как фактор повышения доходности сельскохозяйственных предприятий / А. П. Такун, С. П. Такун // Никоновские чтения. – 2024. – № 29. – С. 170–174.
8. Digitalization in agriculture: problems of implementation / E. F. Amirova, N. K. Gavrilyeva, A. V. Grigoriev, I. V. Sorgutov // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2021. – Vol. 13, № 6. – P. 144–155.
9. Mitrofanova, I. V. Digitalization of the Russian agro-industrial complex: modern trends and development problems / I. V. Mitrofanova, E. I. Inshakova, I. P. Dovbiv // Journal of Volgograd State University. Economics. – 2023. – Vol. 25, № 2. – P. 59–71.
10. Горбатовская, О. Повышение эффективности управления региональным АПК на основе цифровой концепции контроллинга / О. Горбатовская, С. Такун // Аграрная экономика. – 2023. – № 7. – С. 42–56. <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2023-7-42-56>.
11. Шуганов, В. М. Основные направления развития цифровизации сельского хозяйства / В. М. Шуганов // Известия КБНЦ РАН. – 2021. – № 2. – С. 77–85.
12. Porter, M. E. Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors / M. E. Porter // Yerevan State University. – URL: <http://ijevanlib.yusu.am/wp-content/uploads/2023/02/Michael-E.-Porter-Competitive-Strategy.pdf> (date of access: 15.12.2025).
13. Giddens, A. Sociology (5th ed.) / A. Giddens // Shortcutstv. – URL: <https://www.shortcutstv.com/text/giddens5th.pdf> (date of access: 15.12.2025).
14. Янченко, Е. Ю. Использование диаграммы Исиакавы для выявления проблем управления ИТ-проектами / Е. Ю. Янченко // Международный студенческий научный вестник. – 2020. – № 2. – URL: <https://s.eduherald.ru/pdf/2020/2/20054.pdf> (дата обращения: 15.12.2025).

Поступила в редакцию 17.12.2025

Сведения об авторе

Такун Светлана Павловна – старший научный сотрудник сектора управления и цифровизации

Information about the author

Takun Svetlana Pavlovna – Senior Researcher of the Sector of Management and Digitalization