

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 338.43(043)

На правах рукописи

Ариничев Игорь Владимирович



**БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ АПК: ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ
МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика
(экономика агропромышленного комплекса (АПК)) (экономические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Научный консультант:
доктор экономических наук, профессор
Сидоров Виктор Александрович

Краснодар – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА В ЗЕРНОВОМ СЕКТОРЕ АПК.....	22
1.1 Трансформация бизнес-процессов АПК: переход к инновационному типу производства.....	22
1.2 Цифровое обеспечение бизнес-процессов в зерновом секторе АПК.....	39
1.3 Искусственный интеллект в управлении бизнес-процессами зернового производства.....	64
Выводы по разделу 1.....	74
РАЗДЕЛ 2 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	78
2.1 Цифровые мониторинговые системы в современных бизнес-процессах производства зерна.....	78
2.2 Проблемные аспекты интеллектуализации мониторинга производства зерна.....	99
2.3 Концепция организации интеллектуального мониторинга зернового производства	110
Выводы по разделу 2.....	120
РАЗДЕЛ 3 ФОРМИРОВАНИЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	122
3.1 Институциональное обеспечение инноваций в области мониторинга зернового производства.....	122
3.2 Информационно-консультационное обеспечение мониторинга зернового производства	140
3.3 Совершенствование архитектуры взаимодействия участников мониторинговых отношений в условиях цифровых инноваций.....	159
Выводы по разделу 3.....	168
РАЗДЕЛ 4 ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	171
4.1 Процессная модель интеллектуального мониторинга зернового производства.....	171

4.2 Разработка прикладных ИИ-моделей мониторинга производства зерна.....	180
4.3 Алгоритм принятия управленческих решений с использованием информационных систем, ориентированных на зерновое производство....	204
Выводы по разделу 4.....	216
РАЗДЕЛ 5 ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА РАЗВИТИЯ: КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	218
5.1 Цифровые императивы повышения эффективности процесса создания стоимости производства зерна.....	218
5.2 Организация цифровой экосистемы зернового производства.....	231
5.3 Сценарный прогноз экономической эффективности производства зерна на основе интеллектуального мониторинга биотических факторов.....	251
Выводы по разделу 5.....	269
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	272
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	280
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	315
Приложение А Справки о внедрении результатов исследования...	316
Приложение Б Посевные площади зерновых культур и их удельный вес в общей посевной площади регионов Российской Федерации.....	326
Приложение В Валовой сбор и урожайность зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий.....	332
Приложение Г Урожайность зерновых культур по основным зернопроизводящим странам и регионам мира.....	337
Приложение Д Обзор научных работ, посвященных интеллектуализации фитосанитарного мониторинга и диагностики болезней зерновых культур.....	341
Приложение Е Структура консультационной поддержки сельскохозяйственных производителей	344
Приложение Ж Процессные модели организации фитосанитарного мониторинга зернового поля.....	349
Приложение З Результаты применения различных нейросетевых архитектур в диагностике болезней зерновых культур.....	352
Приложение И Алгоритмы обучения ИИ-моделей диагностики болезней зерновых культур.....	356
Приложение К Использование элементов точного земледелия в регионах Российской Федерации.....	358
Приложение Л Структура производственных затрат зерносеющих сельскохозяйственных организаций Краснодарского края.....	360

ВВЕДЕНИЕ

Современное общественное хозяйство все в большей степени базируется на технологических решениях, стоимостные аспекты которых вытекают из информационных технологий. Их внедрение в производство, цифровизация и автоматизация стали обязательным условием повышения эффективности бизнес-процессов, обеспечив объективные условия развития производительных сил и став основной предпосылкой перехода к инновационному типу производства. Национальный проект «Экономика данных», национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» предопределили дальнейшее направление развития отечественной экономики. Для агропромышленного комплекса это означает необходимость увеличения к 2030 г. объемов агробизнеса до 5%, снижение издержек производства в диапазоне 3–5%, увеличение массы годовой выручки до 1 трлн руб., повышение производительности труда на 15%. Стоящие задачи обозначили масштабность проблем и актуализировали необходимость исследования цифровых трансформаций бизнес-процессов в АПК, одним из ведущих направлений которого является производство зерна. Устойчивое производство зерна и продуктов его переработки, суммарно обеспечивающее более трети общего объема агропродовольственного рынка, выступает базисом продовольственной безопасности страны, служит основой решения многих народнохозяйственных задач, гарантирует стабильность хозяйственных связей, способствует развитию экономического потенциала страны, в связи с чем требует пристального внимания и изучения, обуславливая необходимость разработки новых принципов и способов организации контроля за бизнес-процессом производства зерна. Определяя эффективность хозяйственной деятельности процесс производства зерна требует непрерывного анализа, поиска проблем и возможностей его улучшения. Этот факт повышает роль мониторинга в производстве зерна, переводя его из вспомогательного инструмента менеджмента в центральный элемент всей системы управления и главный бизнес-процесс производства зерна, обеспечивающий качество и своевременность принятия

управленческих решений на каждом уровне производства добавленной стоимости. С развитием и проникновением в аграрную сферу цифровых технологий, и в особенности технологий искусственного интеллекта, мониторинг становится не только инструментом сбора данных, но и мощным ресурсом, обеспечивающим возможность анализировать, прогнозировать и оптимизировать бизнес в режиме реального времени. Для повсеместного перехода на интеллектуальные методы мониторинга производства зерновых культур необходимо развитие теории и наличие системной методологии на уровне технологической адаптации цифровых решений, перестройки и модификации устоявшихся способов ведения агробизнеса, серьезных его организационных изменений. Приоритеты решения проблемы повышения экономической эффективности производства зерна, недостаточная изученность его отдельных теоретико-методологических и практических сторон предопределили тему диссертационной работы, ее актуальность, своевременность и важность для отечественной экономики.

Степень разработанности темы исследования. Теоретические аспекты формирования инновационной среды, стимулирования инновационной активности хозяйствующих субъектов, организации инновационной деятельности, а также оценки эффективности инновационного развития зернового хозяйства раскрыты в трудах А.И. Алтухова, В.М. Баутина, А.Г. Белозерцева, Ю.И. Бершицкого, О.Н. Бунчикова, А.В. Голубева, К.Н. Горпинченко, В.А. Грачева, А.В. Деревянкина, Д.И. Жиякова, А.П. Задкова, Е.В. Ивановой, М.Н. Кирилова, А.А. Ключач, Е.И. Леоновой, В.И. Нечаева, И.Ф. Петровой, М.С. Петуховой, В.В. Пилюгина, Н.В. Провидонова, Г.А. Романенко, Н.С. Сафронова, О.В. Сидоренко, А.И. Трубилина, К.Э. Тюпакова, И.Г. Ушачева, С.П. Федорчук, Н.В. Шиловой и других.

При разработке методологических подходов к организации мониторинга в условиях цифровой трансформации отрасли были проанализированы научные работы ученых, освещающих различные аспекты цифровизации сельского хозяйства, включая внедрение технологий, развитие цифровых платформ,

использование искусственного интеллекта и концепций «умного сельского хозяйства»: В.В. Алещенко, К.М. Балянец, И.Г. Генералова, М.Н. Дудина, Н.С. Завиваева, Е.С. Кузьминой, И.Б. Манжосовой, В.С. Осипова, Е.Г. Попковой, А.О. Рады, Е.В. Рудоя, И.С. Санду, А.Н. Семина, В.А. Сидорова, Е.А. Скворцова, С.А. Суслова, М.В. Стенкиной, А.К. Субаевой, Н.В. Уколовой, А.В. Улезько, Е.В. Худяковой, Д.Б. Эпштейна.

Значительный вклад в исследование и решение актуальных проблем институционального обеспечения инновационного развития отраслей и комплексов АПК в условиях цифровой реальности внесли: Г.М. Демишкевич, М.А. Жукова, М.М. Кислицкий, В.В. Козлов, А.Р. Кулов, М.С. Оборин, С.В. Полторыхина, Л.Н. Потоцкая, А.З. Рысьмятова, С.А. Шарипов, Г.А. Харисов и другие.

Проблемам организации мониторинговой деятельности, в том числе в области продовольственной, экономической и экологической безопасности, устойчивого развития регионального АПК, продовольственных рынков, развития сельских территорий, экономической деятельности и отношений хозяйствующих субъектов, посвящены работы И.М. Брусневой, Т.М. Ворожейкиной, С.В. Дохолян, А.В. Колесникова, Н.Л. Курепиной, А.А. Малыгина, З.М. Махачевой, И.Н. Меренковой, Т.А. Мирошниченко, О.П. Нейфельда, Т.И. Наседкиной, Г.А. Полунина, А.П. Скачковой, Ю.Л. Стукова, В.Г. Ткаченко, Л.Н. Усенко, Л.И. Хоружий, Н.И. Шагайды и др.

Вопросы, связанные с изучением мониторинга отдельных бизнес-процессов зернового производства при помощи цифровых технологий, нашли отражение в трудах как отечественных ученых: Р.Ю. Данилова, Т.Р. Ибрагимова, О.Ю. Кремневой, О.Б. Савицкой, Е.Ю. Сахаровой, Л.А. Сладких, Е.В. Тимофеева, Е.В. Труфляка, Н.В. Трубицина, А.В. Ужинского, Н.А. Янишевской, так и зарубежных исследователей М. Брахими, Й. Лу, А. Пикон, Ч. Де Чант, К. Ферентинос и др.

Вместе с тем в ходе исследования степени разработанности проблемы выявлено, что проанализированные теоретические исследования не содержат

системообразующей методологической основы организации цифрового мониторинга как основного бизнес-процесса, формирующего количественные и качественные результаты хозяйственной деятельности одного из основных продовольственных комплексов страны. В большинстве исследований отсутствует комплексный подход, учитывающий специфические условия и требования цифровой трансформации в АПК.

Таким образом, в настоящее время не существует единой методологии мониторинга зернового производства, которая бы интегрировала современные цифровые технологии и подходы к управлению бизнес-процессами. Это создает значительные пробелы в теоретическом и прикладном обеспечении эффективного управления зерновым сектором. Актуальность и недостаточно полная научная разработанность проблемы интеллектуального мониторинга в цифровой экономике обусловили выбор темы, постановку цели и задач диссертационного исследования, его теоретическую и практическую значимость.

Объектом исследования являются современные бизнес-процессы зернового производства.

Предметом исследования являются организационно-экономические отношения, определяющие формирование и реализацию системы мониторинга зернового производства в условиях цифровизации АПК.

Предметная область исследования соответствует паспорту специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика агропромышленного комплекса (АПК)) (экономические науки), в частности п. 3 «Экономика агропромышленного комплекса (АПК)», в т.ч: п.п. 3.2 «Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях АПК»; п.п. 3.7 «Бизнес-процессы АПК. Теория и методология прогнозирования бизнес-процессов в АПК. Инвестиции и инновации в АПК»; п.п. 3.12 «Институциональные преобразования в АПК»; п.п. 3.15 «Прогнозирование развития агропромышленного комплекса и сельского хозяйства».

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является развитие теоретико-методологических положений и разработка

практических рекомендаций организации системы мониторинга бизнес-процессов зернового производства, направленных на повышение его экономической эффективности.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи:**

расширить представление об инновационном способе производства в АПК, в основе которого лежат цифровые технологии;

изучить существующую классификацию инноваций зернового сектора и дополнить ее в контексте разворачивающейся цифровой трансформации АПК;

разработать цифровую адаптивную модель управления бизнес-процессами зернового производства, основанную на замкнутом цикле ИИ-управления и обеспечивающую автоматизированное принятие решений на основе данных интеллектуального мониторинга в реальном времени;

разработать методический подход к интеллектуализации мониторинга и на его основе определить барьеры и вызовы системы наблюдения и контроля производства зерна в условиях цифровизации;

аргументировать концепцию организации интеллектуального мониторинга зернового производства, учитывающую институциональные, технологические, кадровые и методические аспекты цифровизации АПК;

в рамках концепции организации мониторинга зернового производства предложить стратегический подход к развитию института аграрного консультирования;

предложить архитектуру взаимодействия участников отношений, возникающих в процессе подготовки данных для интеллектуального мониторинга;

создать базу биотических данных, необходимую для обучения нейросетевых моделей мониторинга болезней зерновых культур;

обосновать алгоритм принятия управленческих решений на основе предложенных ИИ-моделей, ориентированных на зерновое производство;

определить концептуальные основы инфраструктурного базиса мониторинга в условиях цифровизации в формате экосистемы транзакционного типа;

разработать сценарный прогноз повышения экономической эффективности бизнес-процесса производства зерна на основе интеллектуального мониторинга.

Рабочая гипотеза исследования базируется на предположении о том, что внедрение цифровых интеллектуальных решений в систему бизнес-процессов зернового производства должно опираться на целостную методологию интеллектуального мониторинга, адаптированную к развивающемуся комплексу технологических инноваций, что обеспечит формирование системообразующих направлений устойчивой, экологически ответственной и экономически эффективной модели зернового хозяйства.

Научная новизна полученных результатов заключается в разработке теоретико-методологических основ организации интеллектуального мониторинга и управления инновационной деятельностью процесса зернового производства, способствующих повышению его экономической эффективности и направленных на укрепление продовольственной безопасности страны.

К наиболее значимым результатам, которые характеризуют научную новизну, относятся:

впервые:

разработана адаптивная модель управления бизнес-процессами зерновым производством, в основе которой лежит интеллектуальный мониторинг, сочетающий в новой цифровой реальности инструменты наблюдения, сбора, анализа данных и являющийся стратегическим ресурсом повышения эффективности хозяйственной деятельности в зерновом секторе за счет автоматизированного сбора данных, алгоритмизации использования ресурсов, адаптивности управляемой системы и системы управления рисками к динамично меняющимся условиям экзогенных и эндогенных сред;

создана информационная база биотических данных, охватывающая различные виды болезней озимой и яровой пшеницы, озимого ячменя, кукурузы и

риса – 13 732 объекта, 10 классов разнообразных болезней, входящих в патоккомплекс Краснодарского края, что позволило обучить нейросетевые модели мониторинга, способные эффективно идентифицировать заболевания по изображениям, предоставляя инструмент оперативной и точной диагностики по уровням: а) классификации вида болезни; б) сегментации очагов поражения, обеспечивающей более полную информацию о состоянии растений и развитии болезни; в) прогноза развития болезни;

усовершенствованы:

концепция организации интеллектуального мониторинга зернового производства, исходящая из объективного процесса цифровизации бизнес-процессов АПК и основывающаяся на институциональных, технологических, кадровых и методических его аспектах, на основе которой может совершенствоваться государственная политика цифровизации зернового хозяйства, осуществляться поиск новых форм и методов кадрового обеспечения бизнес-процессов производства зерна; категория методологии мониторинга представлена как комплексный подход к системе мер, принципов, способов организации, построения процесса наблюдения и контроля за состоянием объекта в зерновом секторе АПК, характеризующий завершенность цифровой трансформации аграрного сектора экономики по инновационной цепочке к интеллектуальным формам ведения хозяйственной деятельности;

методический подход к интеллектуализации мониторинга производства зерна, декомпозированный по уровням выстраивания системы сбора данных, разработки информационных решений, подготовки кадров, интегрированный с перспективной системой цифрового контроля бизнес-процессов, что позволило обосновать барьеры и вызовы высокотехнологичных методов диагностики элементов производства зерна: данные, программное обеспечение, инфраструктура, компетенции, нормативное регулирование, преодоление которых в каждом из блоков предопределяет базовые предпосылки для перехода на цифровую модель мониторинга и выступают базисом методологии его организации в новых цифровых условиях;

стратегический подход к развитию института аграрного консультирования (в рамках концепции организации интеллектуального мониторинга), предусматривающий интеграцию генеративных систем в работу информационно-консультационных служб на местном уровне (районные центры сельскохозяйственного консультирования) для обеспечения сельских товаропроизводителей информационно-консультационной поддержкой, повышения точности и релевантности выдаваемых рекомендаций, персонализируя и адаптируя их под каждое конкретное хозяйство;

многоуровневая (частная, территориальная и общегосударственная) архитектура координации участников взаимодействия, возникающих в процессе подготовки данных для формирования информационной системы прогнозирования состояния зернового поля, обоснованы возможности ее использования в зависимости от зональных особенностей производства и на этой основе разработаны рекомендации по созданию единой национальной базы данных для обеспечения эффективной процедуры мониторинга и принятия научно обоснованных решений по управлению зерновым полем за счет масштабирования интеллектуальных систем диагностики и дифференциации фитосанитарных рисков зерновых культур;

получили дальнейшее развитие:

понятийный аппарат, раскрывающий сущность инновационного способа производства в АПК как хозяйственной системы нового поколения, основанной на сквозных технологиях, генерирующих цифровые решения, обеспечивающих создание условий для конструктивного преобразования использования ресурсной базы АПК и открывающих новые возможности для агробизнеса. В отличие от существующих трактовок, ограничивающихся технологической модернизацией отдельных процессов, предлагаемый подход раскрывает системообразующую роль цифровых решений, обеспечивающих переход от дискретных улучшений к качественному преобразованию всей цепочки создания стоимости;

алгоритм принятия управленческих решений основанный на использовании интеллектуальных информационных систем, в отличие от известных,

интегрирующий передовые интеллектуальные технологии с экспертными оценками, что значительно снижает уровень неопределенности в управлении и предусматривает три сценария интеллектуализации (полный, частичный, экспертный), обеспечивающие его гибкость и адаптивность к различным условиям и уровням доступности данных; многоуровневая структура алгоритма позволяет оптимизировать процессы принятия решений в зависимости от конкретных потребностей и доступных ресурсов, что является значительным шагом вперед по сравнению с традиционными методами принятия решений;

концептуальные основы инфраструктурного базиса мониторинга в формате экосистемы производства зерна, объединяющей на цифровой платформе комплекс акторов, организаций, институтов и сервисов, взаимодействующих между собой в рамках бизнес-процесса производства зерна по всей цепочке создания стоимости, начиная от предпосевной подготовки и заканчивая реализацией зерна, что открывает стейкхолдерам доступ к современным цифровым инструментам мониторинга и возможность их адаптации и масштабирования под конкретное хозяйство, поле, бизнес-процесс. Эффективность использования экосистемы определяется снижением транзакционных издержек за счет устранения непроизводительных звеньев бизнес-процессов, реализации равновесных альтернатив для независимых участников рынка благодаря установлению эффективных правил выполнения бизнес-функций, а также наличием прямых и косвенных сетевых эффектов по мере перехода от фазы запуска платформы к фазе роста;

существующая классификация инноваций в зерновом секторе дополнена раскрытием психолого-поведенческого типа инноваций, в авторской парадигме представленного особым институциональным видом инноваций, охватывающим процесс принятия управленческих решений участниками производственного процесса. Дополнение классификации психолого-поведенческими инновациями позволяет более полно и комплексно понять динамику бизнес-процесса мониторинга зернового производства, его роли и сути в технологической цепочке создания добавленной стоимости в условиях цифровизации, учитывая важность

человеческого фактора в процессе внедрения и успешной адаптации новых практик и технологий;

сценарный прогноз повышения экономической эффективности зернового производства, базовым условием которого выступает авторский проект формирования условий перехода зернового хозяйства на цифровую экосистему с интеграцией интеллектуального мониторинга, включающего технологии дистанционного зондирования земли и предиктивной аналитики на основе машинного обучения, обеспечивающие синергетический результат (за счёт оптимизации ресурсной базы производства, сокращения потерь урожая и повышения скорости принятия управленческих решений) прироста валовой рентабельности производства до 10,0% и прогнозируемый совокупный макроэкономический эффект 6,1 млрд руб. для зернового хозяйства Краснодарского края и 63 млрд руб. в масштабах зернового хозяйства Российской Федерации.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке теоретических положений и методологических концепций агромониторинговой деятельности в условиях перехода к цифровой экономике, направленных на решение важной народно-хозяйственной проблемы – повышение экономической эффективности зернового производства.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования состоит в том, что его содержание доведено до уровня конкретных прикладных разработок, рабочих методик и рекомендаций, ориентированных на формирование стратегии интеллектуализации бизнес-процессов производства зерна, ключевым из которых является процесс мониторинга.

К результатам, которые имеют наибольшую практическую значимость, относятся: методический подход к интеллектуализации мониторинга бизнес-процессов зернового производства; база биотических данных для формирования информационной системы прогнозирования состояния болезней зерновых культур; модели машинного обучения, способные эффективно идентифицировать заболевания зерновых культур по изображениям, предоставляя инструмент

оперативной и точной диагностики; стратегический подход к развитию института аграрного консультирования, предусматривающий интеграцию генеративных систем в работу информационно-консультационной службы; многоуровневая архитектура взаимодействия участников отношений, возникающих в процессе подготовки данных для интеллектуального мониторинга; алгоритм принятия управленческих решений, интегрирующий передовые интеллектуальные технологии с экспертными оценками.

Основные положения, выводы и предложения диссертационной работы использованы в учебном процессе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» при изучении дисциплин: «Теория процессного управления», «Моделирование бизнес-процессов», «Анализ данных» (справка №36 от 02.06.2025 г.); получили высокую оценку и рекомендованы к использованию в деятельности Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края (справка №206-04-08-6405/25 от 10.06.2025 г.); ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» (справка № 01-26/669-09 от 02.06.2025 г.); ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко» (справка №15-14/1429 от 09.06.2025 г.); ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (справка №320-1/01 от 29.04.2025 г.); Учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (справка №94 от 06.06.2025 г.); ООО «Аграрно-промышленный комплекс «Сельхоз-Контракт» Приморско-Ахтарского района Краснодарского края (справка №42 от 18.06.2025 г.).

Методы, алгоритмы и модели, разработанные в диссертационном исследовании, были использованы в ходе реализации научного проекта «Автоматическое распознавание болезней пшеницы на основе современных методов компьютерного зрения», поддержанного УНО «Кубанский научный фонд» (договор № МФИ-20.1-13/20 от 15.07.2020 г., № НИОКТР 121052400163-7), по результатам выполнения которого получены: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для детекции и

классификации грибных болезней пшеницы» (№2022611191, дата государственной регистрации 20.01.2022 г.); свидетельство о государственной регистрации базы данных «Изображения грибных вредоносных болезней пшеницы на разных стадиях вегетации растения» (№2022620225, дата государственной регистрации 25.01.2022 г.); свидетельство о государственной регистрации базы данных «Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах ячменя озимого в онтогенезе» (№2024621996, дата государственной регистрации 13.05.2024 г.).

Результаты диссертационного исследования использовались при выполнении хоздоговорных НИР, в которых соискатель являлся руководителем: «Оценка влияния цифровизации бизнеса на качество инновационных услуг» (№ НИОКТР 123030900066-2, договор № 22/235 от 26.12.2022 г.), «Информационные решения для мониторинга бизнес-процессов» (№ НИОКТР 124022800085-8, договор № 24/5 от 09.01.2024 г.).

Методология и методы исследования. Теоретической и методологической основой исследования являются концептуальные основы фундаментальных и современных теорий, прикладных работ отечественных и зарубежных исследователей по проблемам инновационного развития зернового производства и организации системы мониторинга его бизнес-процессов в условиях цифровизации АПК.

Для достижения поставленной цели в работе использованы общенаучные методы исследования: *методы семантического анализа, систематизации, исторический метод* – для формирования понятийно-категориального аппарата исследования, раскрывающего сущность инновационного способа производства, основанного на цифровых технологиях; *контент-анализа научных публикаций и нормативных документов, таксономии* – для изучения существующей классификации инноваций зернового сектора и ее дополнения в контексте цифровой трансформации аграрной сферы, а также обзора цифровых мониторинговых систем и сравнительного анализа научных разработок, посвященных интеллектуализации фитосанитарного мониторинга и диагностики

болезней зерновых культур на уровне моделей и прототипов; *системного анализа, идеализации, процессного моделирования* – для разработки адаптивной модели управления бизнес-процессами зернового производства в условиях полной информационной прозрачности; *системного и структурно-функционального анализа* – для обоснования концепции организации интеллектуального мониторинга зернового производства, декомпозиции системы мониторинга на взаимосвязанные подпроцессы, а также разработки методического подхода к его интеллектуализации; *институционального анализа* – для изучения нормативно-правовой базы, регулирующей цифровизацию АПК, и выявления институциональных барьеров внедрения интеллектуального мониторинга; *процессного и ролевого моделирования* – для формирования эффективной архитектуры взаимодействия между всеми участниками процесса мониторинга, включая сельхозпроизводителей, поставщиков технологических решений, научные организации и ИТ-службы, с определением их функций, зон ответственности и способов координации совместной деятельности; *сбора и систематизации* – для создания комплексной базы биотических данных о болезнях зерновых культур с последующим ее структурированием и разметкой для дальнейшего обучения на ее основе ИИ-моделей; *машинного обучения и компьютерного зрения* – для обработки собранного массива данных с целью обучения нейросетевых моделей автоматической диагностики заболеваний зерновых культур по визуальным признакам с точностью, превышающей традиционные методы экспертной оценки; *сценарного моделирования* – для разработки и обоснования алгоритма принятия управленческих решений, предполагающего реализацию по трем сценариям в зависимости от степени неопределенности внешней среды; *экономического анализа* – для оценки эффективности интеллектуального мониторинга, касающейся результативности хозяйственной деятельности на частном, региональном и национальном уровнях; *корреляционно-регрессионного анализа* – для разработки модели влияния производственных затрат на валовой выпуск зерна.

Информационную базу исследования составили законодательные и нормативные правовые акты Российской Федерации; данные Федеральной службы государственной статистики и ее территориальных подразделений; данные отчетов Федерального центра сельскохозяйственного консультирования ФГБОУ ДПО «Российская академия кадрового обеспечения АПК»; данные Продовольственной сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО ООН); открытые данные Всемирного банка; статистические сборники Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; данные отчетов Национального центра развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации; аналитические отчеты АНО «Цифровая экономика»; годовые отчеты и первичная бухгалтерская отчетность сельскохозяйственных организаций; материалы периодических научных изданий, конференций, публикации в сети Интернет, публикации в средствах массовой информации по рассматриваемой проблеме, экспериментальная база фитосанитарного мониторинга, полученная в ходе авторского исследования на территории ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений», ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», а также результаты собственных исследований и наблюдений.

Для обработки экономической информации, визуализации статистической и оперативной информации, а также решения некоторых задач применялись современные компьютерные технологии и пакеты прикладных программ Microsoft Office® (среда Microsoft Excel), комплексное программное обеспечение бизнес-анализа Aris® для моделирования бизнес-процессов, а также среда разработки Python с фреймворком Torch – для разработки и обучения моделей компьютерного зрения.

Положения, выносимые на защиту:

понятийный аппарат, раскрывающий сущность инновационного способа производства в АПК, базирующегося на цифровых технологиях;

классификация инноваций зернового сектора в контексте разворачивающейся цифровой трансформации АПК;

цифровая адаптивная модель управления бизнес-процессами зернового производства, основанная на замкнутом цикле ИИ-управления;

методический подход к интеллектуализации мониторинга, обеспечивающий выявление барьеров и вызовов системы наблюдения и контроля зернового производства в условиях цифровизации;

концепция интеллектуализации мониторинга зернового производства, учитывающая институциональные, технологические, кадровые и методические аспекты цифровизации АПК;

стратегический подход к развитию института аграрного консультирования на основе концепции организации мониторинга зернового производства;

архитектура взаимодействия участников отношений, возникающая в процессе подготовки данных для интеллектуального мониторинга;

созданная база биотических данных, предназначенная для обучения нейросетевых моделей мониторинга болезней зерновых культур;

алгоритм принятия управленческих решений на основе предложенных ИИ-моделей, ориентированных на зерновое производство;

концептуальные основы инфраструктурного базиса мониторинга в условиях цифровизации в формате экосистемы транзакционного типа;

сценарный прогноз повышения экономической эффективности бизнес-процесса производства зерна, основанный на внедрении и использовании интеллектуального мониторинга.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и обоснованность научных результатов подтверждается наличием большой информационной базы, использованием базовых положений экономической теории, современных научных подходов, относящихся к объекту и предмету исследования, а также применением комплекса теоретических и эмпирических методов исследования.

Основные научные результаты исследования апробированы на научно-практических конференциях. Среди них: Ежегодная отчетная конференция грантодержателей Кубанского научного фонда (г. Сочи, 2021 г., 2022 г.); Международная научно-практическая конференция «Развитие агропромышленного комплекса в условиях роботизации и цифровизации производства в России и за рубежом» (г. Екатеринбург, 2020 г., 2021 г.); Международная научно-практическая конференция «Цифровые технологии в сельском хозяйстве Российской Федерации и мирового сообщества» (г. Ставрополь, 2021 г.); Международная научно-практическая конференция «Математическое моделирование и информационные технологии при исследовании явлений и процессов в различных сферах деятельности» (г. Краснодар, 2022 г.); Международная научно-практическая конференция «Экономическое развитие России: точка баланса в мировой экосистеме и инфраструктура будущего» (г. Краснодар, 2022 г.); Международная научно-практическая конференция «Экономическое развитие России: вызовы и возможности в меняющемся мире» (г. Краснодар, 2023 г.); Международная научно-практическая конференция «Обеспечение технологического суверенитета АПК: подходы, проблемы, решения» (г. Екатеринбург, 2023 г.); Международная научно-практическая конференция «Аграрная наука-2023» (г. Москва, 2023 г.); Международная научно-практическая конференция «Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития» (г. Омск, 2023 г.); Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии и переработки сельскохозяйственных культур, экологии и экономики в сельском хозяйстве» (г. Уфа, 2023 г.); Международная научно-практическая конференция «От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК» (г. Екатеринбург, 2024 г.); Всероссийская научная конференция с международным участием «Теория и практика современной аграрной науки» (г. Новосибирск, 2024 г.); Международная научно-практическая конференция «Цифровая трансформация сельского хозяйства и аграрного образования» (г. Краснодар,

2024 г.); Международная научно-практическая конференция «Качественное экологическое образование и инновационная деятельность – основа прогресса и устойчивого развития» (г. Саратов, 2024 г.); Международная научно-практическая конференция «Продовольственная и экологическая безопасность в современных геополитических условиях: проблемы и решения» (г. Костанай, 2024 г.); Международная научно-практическая конференция «Экономическое развитие России: инновационные стратегии в условиях глобальной трансформации» (г. Краснодар, 2024 г.); Международная научно-практическая конференция «Управление проектами в контексте стратегического развития экономики» (г. Краснодар, 2025 г.); Международная научно-практическая конференция «Экономические проблемы, направления и механизмы обеспечения технологического лидерства ЕАЭС в аграрной сфере» (г. Краснодар, 2025 г.).

Отдельные научные положения, изложенные в диссертации, на XXIX Международной агропромышленной выставке АГРОРУСЬ-2020 были удостоены золотой медали «За достижения в области инноваций АПК».

Личный вклад соискателя. Диссертация является самостоятельной научной работой, в которой изложен авторский подход к разработке теоретико-методологических положений мониторинга бизнес-процессов зернового производства в условиях цифровизации АПК. Из научных трудов, опубликованных в соавторстве, в диссертации использованы только те идеи и положения, которые являются результатом личных исследований соискателя.

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 59 научных трудах, среди которых: 1 авторская и 3 коллективных монографии, 16 статей в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК, 13 статей, опубликованных в изданиях, входящих в международные библиографические реферативные базы данных Scopus, Web of Science, 3 свидетельства на регистрацию программы ЭВМ и баз данных, 23 работы апробационного характера. Общий объем научных работ составляет 64,02 п.л., из них 42,58 п.л. принадлежит лично автору.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованной литературы, содержащего 290 наименований, и 11 приложений (объемом 67 страниц). Материалы работы содержат 33 таблицы, 61 рисунок. Общий объем работы составляет 382 страницы.

РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА В ЗЕРНОВОМ СЕКТОРЕ АПК

1.1 Трансформация бизнес-процессов АПК: переход к инновационному типу производства

Согласно определению, приведенному в современном экономическом словаре, под трансформацией понимается «преобразование структур, форм и способов экономической деятельности, изменение ее целевой направленности» [149]. Таким образом, это явление заключается не просто в поверхностных изменениях, а в глубоких, системных, качественных преобразованиях эволюционного и революционного характера, приводящих к изменениям форм и способов экономической деятельности, структуры производства.

Системные изменения указывают на то, что трансформация затрагивает не только отдельные элементы экономической системы, но и различные ее уровни, что влечет за собой внутренние изменения, охватывающие весь комплекс взаимодействий и взаимосвязей между её элементами. Степень преобразований следует оценивать по их результативности: плавное развитие, когда преобразования происходят постепенно, система совершенствуется в рамках одного этапа, либо кардинальные сдвиги в структуре, организации и функционировании экономической системы приводят к разрушению старых моделей ведения хозяйственной деятельности и кардинальному перерождению системы [79].

В основе трансформации экономики лежит развитие технологий и научно-технический прогресс. По мнению академика С. Ю. Глазьева, «экономика – это огромная сумма технологий, которые в конечном итоге и определяют экономическое развитие», при этом эффективность и конкурентоспособность технологий играют фундаментальную роль в формировании экономического роста» [39]. В основе современной теории циклической динамики технологического развития и инноватики лежат труды К. Жюгляра [265],

С. А. Кузнец [267], Дж. Китчина [266], Н. Д. Кондратьева [91], Й. Шумпетера [234], К. Перес [132], Г. Менша [110]. Советские экономисты Д. С. Львов и С. Ю. Глазьев, предложившие термин «технологический уклад», провели их периодизацию и показали, что технико-экономическое развитие происходит неравномерно и связано с пульсациями, в итоге внутри доминирующего уклада возникает новый кластер базисных технологий, который взрывным образом расширяясь революционизирует всю технологическую цепочку [103]. Позже, в 2012 г., А.Э. Айвазов соединил теорию больших циклов Н.Д. Кондратьева с теорией технологических укладов С.Ю. Глазьева и в работе «Периодическая система мирового капиталистического развития» выдвинул и обосновал гипотезу, согласно которой мирохозяйственные уклады, представляющие собой систему связанных друг с другом институтов, обеспечивающих расширенное воспроизводство капитала и определяющих соответствующую экономическую эпоху, включают два жизненных цикла технологических укладов [3]. При этом ученый подчеркивал теснейшую взаимосвязь технологических, институциональных и производственных изменений в экономике.

Эволюция сельского хозяйства, как и развитие экономики в целом, характеризуется последовательной сменой технологических укладов. Р. С. Гайсин отмечает, что экономические циклы и уклады в агропродовольственной сфере имеют тот же тренд, что и в общественном производстве, но обладают некоторыми отличиями [36]. От циклов в промышленности их отличает «формирование устойчивого, затяжного состояния неэффективного равновесия, вызванного специфическими характерными только для конъюнктуры агропродовольственного рынка причинами». О. Н. Дудченко анализирует развитие отечественного аграрного сектора через призму пяти волн технологических укладов, основываясь на периодизации Н. Д. Кондратьева, где первый уклад начинается в 1785 г., а пятый завершится в 2035 г. [58]. О. И. Печоник, предлагая альтернативную периодизацию, определяет начало первого уклада в 1770 г., завершение пятого – в 2030 г. и одновременный переход к шестому (постиндустриальному) укладу [75, 136].

Несмотря на то что в отношении периодизации технологических укладов в аграрном секторе экономики России также нет единой точки зрения, сегодня большинство экономистов-аграрников придерживаются мнения о становлении инновационного типа воспроизводства в отечественном сельском хозяйстве [27, 40, 44, 139, 148]. По словам О. В. Исаевой, он «обеспечит паритет России с ведущими аграрными странами по качественным и количественным характеристикам выпускаемой сельскохозяйственной продукции на международном рынке» [76].

Р. С. Гайсин инновационный тип ведения хозяйства считает первой фазой технотронно-биотехнологической волны, А. И. Алтухов и др. в работе [10] рассматривают его как фазу, следующую за компьютеризацией, и относят к этапам цифровизации и роботизации, А. В. Голубев называет данный период интенсивно-технократическим [41]. Встречаются и другие суждения, А. К. Субаева, например, предлагая собственную оценку исторических этапов развития технологических укладов в аграрной сфере, выделяет ступени развития техники в сельском хозяйстве вместе с определением преобладающих типов предприятий отрасли, соответствующих представленным фазам, и на этом основании относит формирующийся тип хозяйствования к пятому ключевому этапу эволюции технико-технологического перевооружения сельского хозяйства [192]. И.Б. Манжосова связывает преобладающий технологический уклад с соответствующим типом модернизации и отмечает, что в условиях постиндустриальной экономической парадигмы природа модернизации изменилась: она больше не связана с индустриализацией, а ориентирована на преобразование институциональных структур и отраслевых формирований, что позволяет автору выделить ее структурно-институциональный тип [106].

Если рассмотреть динамику показателей инновационного развития национальной экономики и сельского хозяйства, представленную в таблице 1.1, то прослеживается уверенный рост инновационной активности в аграрной отрасли.

Так, в 2016 г. аграрная сфера отставала более чем в два раза от среднего по стране уровня инновационной активности.

Таблица 1.1 – Состояние инновационного развития экономики России и сельского хозяйства

Показатели инновационной активности	Годы											
	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Уровень инновационной активности (всего), %	9,5	9,3	8,4	14,6	12,8	9,1	10,8	11,9	11,0	11,3		
Уровень инновационной активности (с/х), %	–	–	4,0	4,6	4,2	4,2	6,6	8,1	8,0	8,7**		
Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в общем числе организаций (всего), %	7,9	8,3	7,3	20,8	19,8	21,6	23,0	23,0	22,8	22,7		
Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем числе организаций (с/х), %	–	–	3,4	5,2	5,4	6,5	9,4	9,5	10,6	12,1**		
Затраты на инновационную деятельность (всего), млрд руб.*	400,8	790,8	824,6	854,6	814,1	1037,2	1124,8	1076,6	1077,9	1324,4		
Затраты на инновационную деятельность (с/х), млрд руб.*	–	–	9,6	9,6	12,1	26,2	20,9	15,1	19,9	18,4		
Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг (всего), %	1,6	3,5	3,7	2,8	2,6	3,0	2,8	2,4	2,8	3,6		
Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг (с/х), %	–	–	0,9	1,0	1,2	1,6	1,6	1,1	1,5	1,6**		
Объем инновационных товаров, работ, услуг (всего), млрд руб.*	1243,7	2509,3	2771,7	2513,1	2476,2	2581,3	2735,0	2716,0	2581,9	3141,1		
Объем инновационных товаров, работ, услуг (с/х), млрд руб.*	–	–	14,1	17,2	18,6	36,9	31,0	30,5	50,5	44,7		
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных (всего), %	4,8	8,4	8,5	7,2	6,5	5,3	5,7	5,0	5,1	6,0		
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных (с/х), %	–	–	1,4	1,8	1,9	2,3	2,3	2,3	2,3	2,6**		

* в постоянных ценах 2010 года.

** рассчитано автором.

Источник: разработано автором на основе [69], [119]

В 2023 г. данный показатель увеличился с 4,0 до 8,7, обогнав такие отрасли, как строительство, транспортировка и хранение, добыча полезных ископаемых, и существенно сократив разрыв со средним уровнем с 110 % в 2016 г. до 29,9 % в 2023 г. Затраты на инновационную деятельность в сельском хозяйстве увеличились на 92 % по сравнению с 2016 г., а их удельный вес также практически удвоился. Оптимистично выглядит и ситуация с темпами объемов инновационных товаров, выполненных работ и услуг: для отрасли сельского хозяйства рост с 2016 г. на 217 %, для всей экономики с 2010 г. – на 152 %. Увеличение в 2,5 раза инновационных товаров и услуг за относительно короткий период времени (немногим более 10 лет) – действительно важный и позитивный показатель инновационного развития отечественной экономики, а полное утроение объема таких товаров за 7 лет в сельском хозяйстве подтверждает гипотезу о том, что аграрная отрасль переходит на новый инновационный тип развития, выбор которого является объективной необходимостью и важнейшей составляющей аграрной политики России [208, 209].

Базисом современных инноваций служат цифровые технологии, под которыми понимаются технологии сбора, хранения, обработки, поиска, передачи и представления данных в электронном виде. Цифровая трансформация позволяет повысить экономическую эффективность агробизнеса, обеспечить удовлетворение потребностей общества, раскрыть человеческий потенциал работников и снизить негативное воздействие на окружающую среду [5, 25, 57, 60, 61, 117, 117, 134, 135, 141, 143, 147, 172, 173, 189, 205, 207, 235]. Однако более важно то, что данные влияют также на существующие бизнес-модели, создавая новые инновационные формы ведения бизнеса, среди которых: точное земледелие, *Farming as a Service* (сервисы по предоставлению сельскохозяйственных услуг или ресурсов через облачные технологии и цифровые платформы), шеринг сельхозтехники (сервисы по совместному использованию сельскохозяйственной техники), урбанизированное сельское хозяйство (форма аграрного производства, использующая доступное пространство в городах для выращивания сельскохозяйственных культур и

разведения животных) [221]. В этой связи те теоретические концепции, которые имели место в экономике потребления, отходят на второй план (эффект масштаба, закон Т. Мальтуса и др.) уступают место новым законам развития цифровой экономики и ее отраслей, таким как закон Меткалфа (Metcalf's Law): полезность сети возрастает пропорционально квадрату количества пользователей, следствие – цифровая экономика растет стремительными темпами и становится важнейшей точкой экономического развития; закон Давидоу (Davidow's Law): продукты, первыми поступающие на рынок, способны получить долю сразу в 50 %, тогда как другие продукты лишь делят оставшуюся часть между собой, следствие – конкуренция в рамках цифровой экономики становится соревнованием между монополиями; закон Мура (Moore's Law): производительность процессоров удваивается, а цена снижается вдвое каждые 18 месяцев, следствие – опережающая природа технологической конкуренции будущего, т.е. появление каждого нового поколения технологии означает приход нового лидера.

Согласно объективному экономическому закону механистической картины мира, действующему во всех общественных формациях, уровень производственных отношений соответствует характеру и уровню развития производительных сил [108]. С появлением цифровых технологий динамика хозяйственной активности во многом определяется их уровнем и возможностями. Так, если все предыдущие технологические эпохи давали колоссальное приращение производительности труда, то в случае активного проникновения цифры такого существенного увеличения не наблюдается. Это явление в контексте информатизации и компьютеризации отмечали западные экономисты еще в 1980-х гг., но максимально емко его сформулировал Р. Солоу: «Вы можете видеть компьютерный век где угодно, кроме статистики производительности» [186]. Нет прорывного повышения производительности, но зато есть изменение самого производства, его технического, технологического, кадрового обеспечения. На этом фоне все современные цифровые инновации направлены не столько на повышение производительности труда, сколько на изменение облика самого товарного производства.

В России режим максимальной инициации процессов цифровой трансформации активизировался с момента запуска программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной 4 июля 2019 г. в рамках реализации Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Национальная программа выступила ядром обширного стратегического плана инновационного развития России на средне- и долгосрочную перспективу и ориентирована на формирование устойчивых цифровых преимуществ отечественной экономики. В 2023 г. программой была предусмотрена реализация девяти федеральных проектов, каждый из которых направлен на решение задач по обеспечению ускоренного развития и внедрения цифровых технологий в различных отраслях народного хозяйства и сферах инновационного развития (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Структура национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации»

Источник: составлено на основе данных Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [163]

Сегодня доля цифровой экономики в общем объеме совокупного продукта России составляет 15,7 % и продолжает увеличиваться [32]. В стране отмечаются уверенные темпы роста затрат на цифровую экономику: если в 2017 г. валовые внутренние затраты составили 3 324 млрд руб., то в 2022 г. они превысили уже 5 трлн руб. При этом внутренние затраты организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий (без учета затрат домохозяйств) за 5 лет выросли в 1,83 раза [71].

В 2022 в Российской Федерации 87 % всех домохозяйств имели доступ к сети Интернет, опережая по этому показателю такие развитые страны, как Австралия (86 %), Греция (85 %) и США (82 %) [71, 223]. Более 88 % населения в возрасте от 15 до 74 лет выходят в сеть практически каждый день, при этом 90 % граждан пользовались Интернетом за последние три месяца, что подтверждает систематический характер его использования и высокий уровень цифровой вовлеченности и распространенности Интернета, который стал неотъемлемой частью жизни и повседневной деятельности россиян. Повышенная доступность сети позволяет использовать цифровые сервисы в различных сферах: от покупок и финансовых операций до образования и работы, что способствует росту цифровой экономики и улучшению качества жизни. Растет и время пребывания в сети, увеличивается индекс онлайн-производительности труда, часть трудовых процессов, в которых реинкарнируется экономическая деятельность, переносится в онлайн-пространство [31]. В пропорции разделения труда между человеком и машиной наблюдается инверсия. Если в течение 5 лет некоторые виды бизнес-деятельности, такие как принятие решений, администрирование, управление и консультирование, коммуникации и взаимодействие, выполнение функций, на 75–80 % были возложены на человека, то сегодня все изменилось – на долю естественного интеллекта остается не более 20 % труда. Налицо существенный сдвиг в сторону интеллектуализации труда [184].

Несмотря на положительную динамику, цифровые технологии проникают в отрасли народного хозяйства крайне неравномерно, и одно из последних мест занимает агропродовольственный комплекс, где индекс цифровизации не

превышает 23 единиц при среднем значении для российской экономики в 32 единицы (ниже только у строительства и операций с недвижимым имуществом). Такая ситуация обусловлена рядом факторов, среди которых в научной литературе особо выделяются следующие: отсутствие в отрасли системы управления, адекватной цифровым преобразованиям, недостаток квалифицированных кадров, недостаточно развитая цифровая инфраструктура, в частности, покрытие сельских территорий широкополосным интернетом, высокий уровень простого труда, прекарность труда, высокие капитальные затраты на начальном этапе внедрения инновационных технологий и др. [20, 106, 180, 191, 275, 281].

Несмотря на то что общий уровень цифровизации сельского хозяйства в России остается относительно низким по сравнению с другими отраслями, анализ компонентов индекса показывает, что АПК демонстрирует значения, сравнимые со средними показателями цифровизации в ряде направлений, а по некоторым даже превосходит их. В соответствии с методикой расчета индекс цифровизации декомпозируется на 5 категорий субиндексов: использование цифровых технологий (ИЦТ), цифровизация бизнес-процессов (ЦБП), цифровые навыки персонала (ЦНП), затраты на внедрение и использование цифровых технологий (ЗЦТ) и кибербезопасность (КБ), которые агрегируются по утвержденной формуле:

$$\text{ИЦ} = 0,3 \cdot \text{ИЦТ} + 0,2 \cdot \text{ЦБП} + 0,2 \cdot \text{ЦНП} + 0,2 \cdot \text{ЗЦТ} + 0,1 \cdot \text{КБ}. \quad (1)$$

В частности, анализ структуры использования цифровых технологий (ИЦТ) в сельском хозяйстве показал, что существенного разрыва со средними по экономике значениями нет. По сравнению с 2020 г. замечен прирост в доле компаний, использующих цифровые технологии. Видно, что наиболее востребованы отечественными аграриями технологии сбора, обработки и анализа больших данных (23,7 %), облачные сервисы (25,5 %), геоинформационные системы (15,6 %) и интернет вещей (11,9 %). На последнем месте находятся аддитивные технологии – 0,8 % (рисунок 1.2). Невысокое значение,

соответствующее технологии искусственный интеллект, связано с тем, что ИИ косвенно участвует в реализации и улучшении других технологий и не всегда может применяться отдельно. Невозможно сегодня представить себе цифровые технологии больших данных или интернета вещей без доли интеллектуальной компоненты. Этот факт подтверждают данные экспертного опроса, проведенного ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, согласно которому к наиболее востребованным в сельском хозяйстве передовым технологиям относятся нейротехнологии и искусственный интеллект [221].

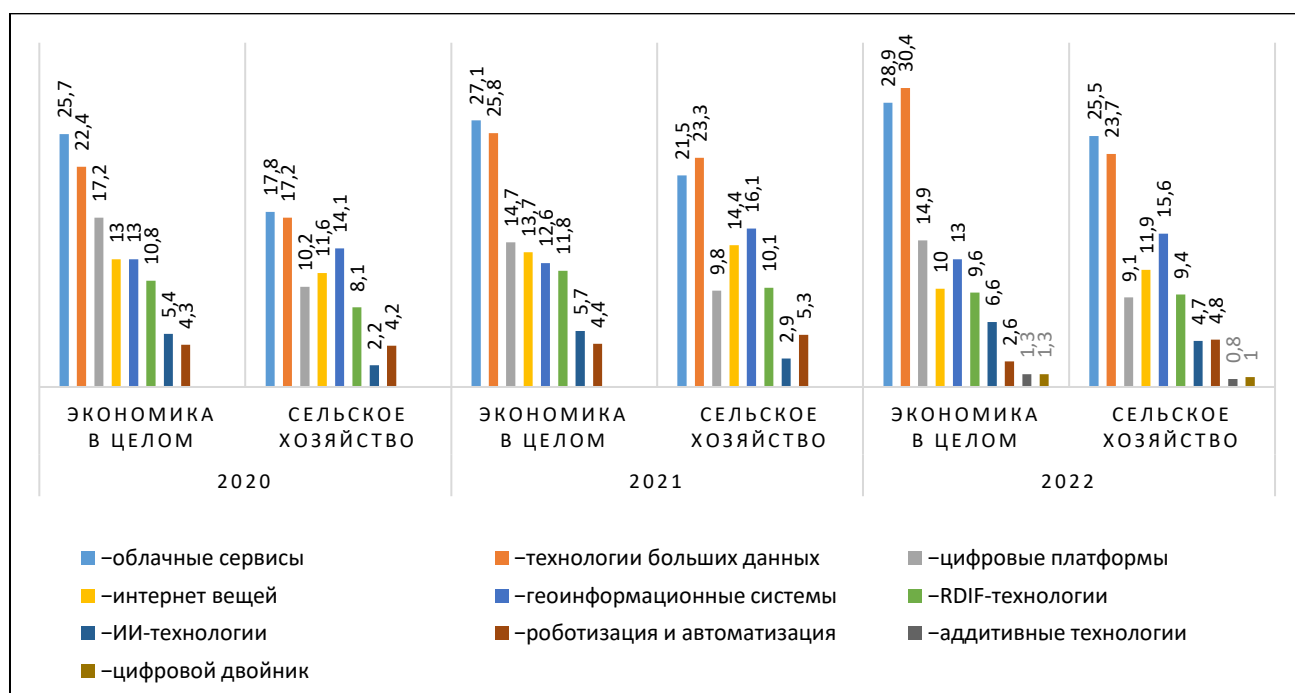


Рисунок 1.2 – Сравнительный анализ использования цифровых технологий в организациях сельского хозяйства и экономики в целом (в % от общего числа) в 2020–2022 гг.

Источник: разработано автором на основе [70, 71, 223]

Использование широкополосного Интернета в сельском хозяйстве также сопоставимо с общероссийским уровнем. Как показано на рисунке 1.3, в категории скоростей от 256 Кбит/с до 30 Мбит/с сельское хозяйство превосходит общероссийский уровень (32,6% против 31,2%), в блоке от 30,1 Мбит/с до 100 Мбит/с сельское хозяйство отстает незначительно (24,1% против 26,2%), при этом выросло с 22,8 % по сравнению с предыдущим годом. В категории скоростей выше

100 Мбит/с разница более заметна (7,3% против 12,3%), что указывает на необходимость дальнейших инвестиций в инфраструктуру, хотя положительная динамика прослеживается и в этой группе (в предыдущем году доля организаций составляла 6,8 %).

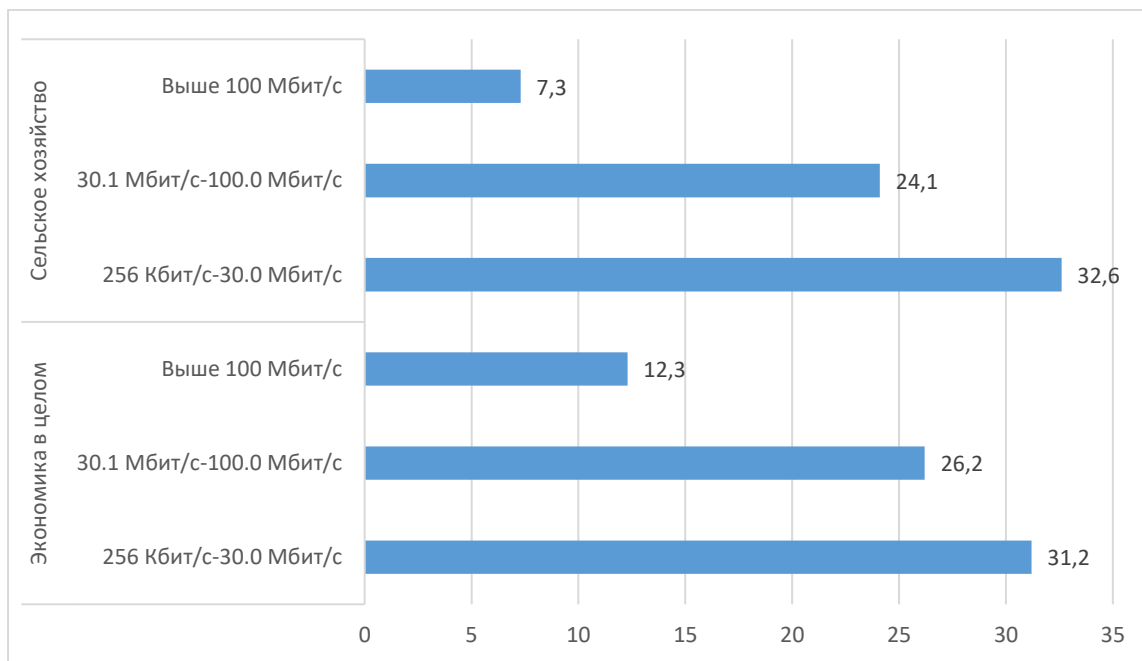


Рисунок 1.3 – Использование широкополосного Интернета в сельскохозяйственных организациях и экономике в целом по максимальной скорости передачи данных (в % от общего числа) в 2022 г.

Источник: разработано автором на основе [71]

Развиваются электронные методы ведения бизнеса в сельском хозяйстве. Доля аграрных предприятий, участвующих в электронной коммерции, за два года увеличилась более чем в три раза (с 9,2 до 28,9 %), почти сравнявшись с общим уровнем народного хозяйства к 2022 г. (28,9 % против 29,8 %). Таким образом, несмотря на некоторое отставание в категории высокоскоростного Интернета, сельское хозяйство демонстрирует позитивные тенденции и потенциал для дальнейшего роста в области передачи данных с помощью широкополосных соединений.

Как следствие, получают широкое распространение многие технологические решения, актуальные для производителя. Набирают обороты специальные программные средства, используемые в бизнес-процессах

организаций, помогающие оптимизировать операции, улучшить планирование и контроль, а также автоматизировать рутинные задачи (рисунок 1.4). Например, доля организаций, использующих системы комплексного управления предприятием (PLM-системы), выросла в 7,4 раза, управления персоналом (HRIS-системы) в 7,1 раза, системы управления цепями поставок (SCM-системы) в 5,6 раза. Все большее распространение получают CRM, ERP, системы моделирования и проектирования, управления производством, где также наблюдается кратный прирост числа организаций.

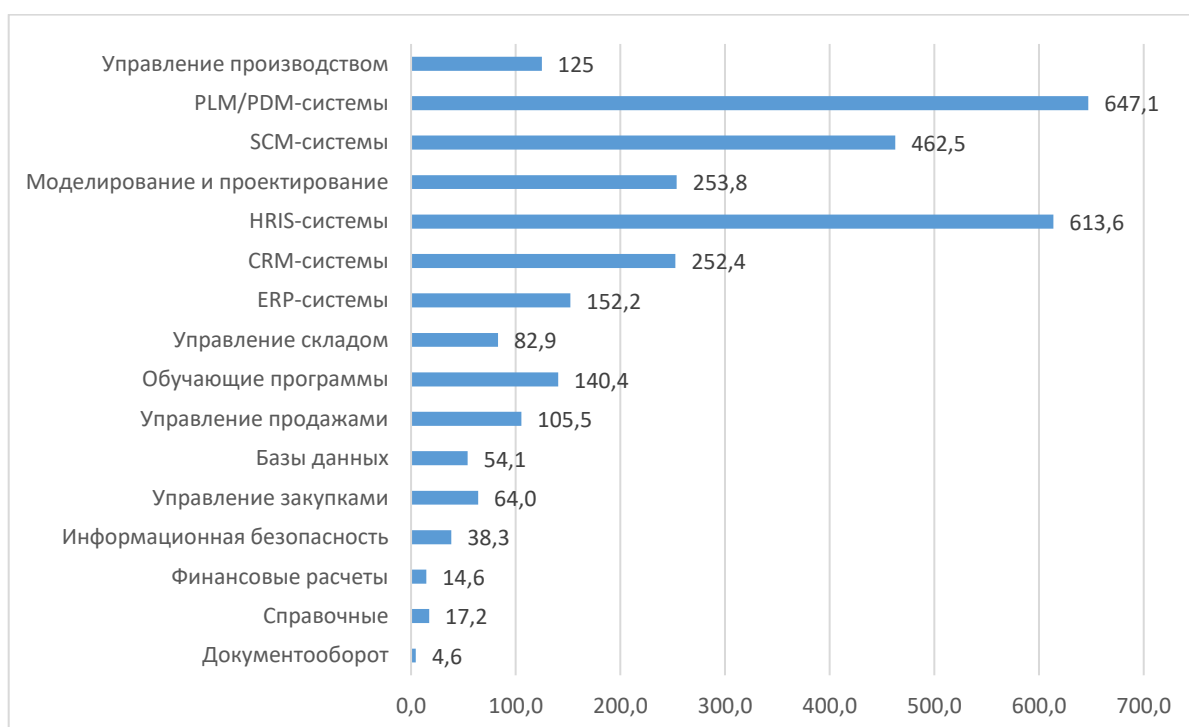


Рисунок 1.4 – Изменение числа сельскохозяйственных организаций с 2021 по 2022 г., использующих специальные программные средства в бизнес-процессах, %

Источник: разработано автором на основе [71]

В результате информационное окружение бизнес-среды в сельском хозяйстве начинает меняться, приобретая четкие цифровые очертания. Ввиду известной архаичности структуры и традиционности способов производства агробизнеса цифровизация в сельском хозяйстве проявляется еще сильнее и оказывает более заметное воздействие, чем в других отраслях народного хозяйства. Традиционные практики, такие как ручной труд, устаревшие

механизмы и методы ведения хозяйства, сильно контрастируют с современными цифровыми решениями, которые не просто модернизируют существующие практики, но и создают качественно новые условия для ведения хозяйства, т. е. трансформируют бизнес-процессы.

Цифровые технологии постепенно становятся главным инструментом для совершенствования бизнес-процессов, управления ресурсами, повышения эффективности и конкурентоспособности всего сельскохозяйственного сектора. Если единичные элементы точного земледелия можно было встретить даже 20 лет назад, то комплексные интегрированные решения на базе технологий интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта, компьютерной визуализации, облачных сервисов, платформенных и больших данных стали появляться только в настоящее время.

Если в таких категориях индекса цифровизации, как использование цифровых технологий и цифровизация бизнес-процессов, сельское хозяйство находится на уровне народного хозяйства страны в целом, то по субиндексам цифровых навыков у населения и затрат на цифровизацию наблюдается существенная диспропорция по сравнению со всей экономикой.

Как следует из рисунка 1.5, более 73 % сельских жителей имеют низкий уровень или полностью отсутствующие навыки работы с цифровыми технологиями (для сравнения: в городской местности эта цифра составляет 54,9 %). В результате аграрии оказываются менее подготовленными к использованию современных цифровых решений, что замедляет процесс их внедрения. Усугубляется ситуация низким уровнем внутренних затрат сельскохозяйственных организаций на внедрение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг, которые в 2022 г. только приблизились к отметке 8 млрд руб. Более низкое значение (5,8 млрд руб.) наблюдается лишь в одном виде экономической деятельности – водоснабжении, водоотведении и утилизации отходов. В тройке лидеров находятся сектор информационных технологий (824 млрд руб.), финансовый сектор (498,1 млрд руб.) и обрабатывающая промышленность (305,8 млрд руб.). Аналогичным

образом распределены и внешние затраты, т. е. затраты на оплату услуг сторонних организаций на внедрение и использование цифровых технологий, где сельское хозяйство со значением 1,9 млрд руб. оказалось на предпоследнем месте.

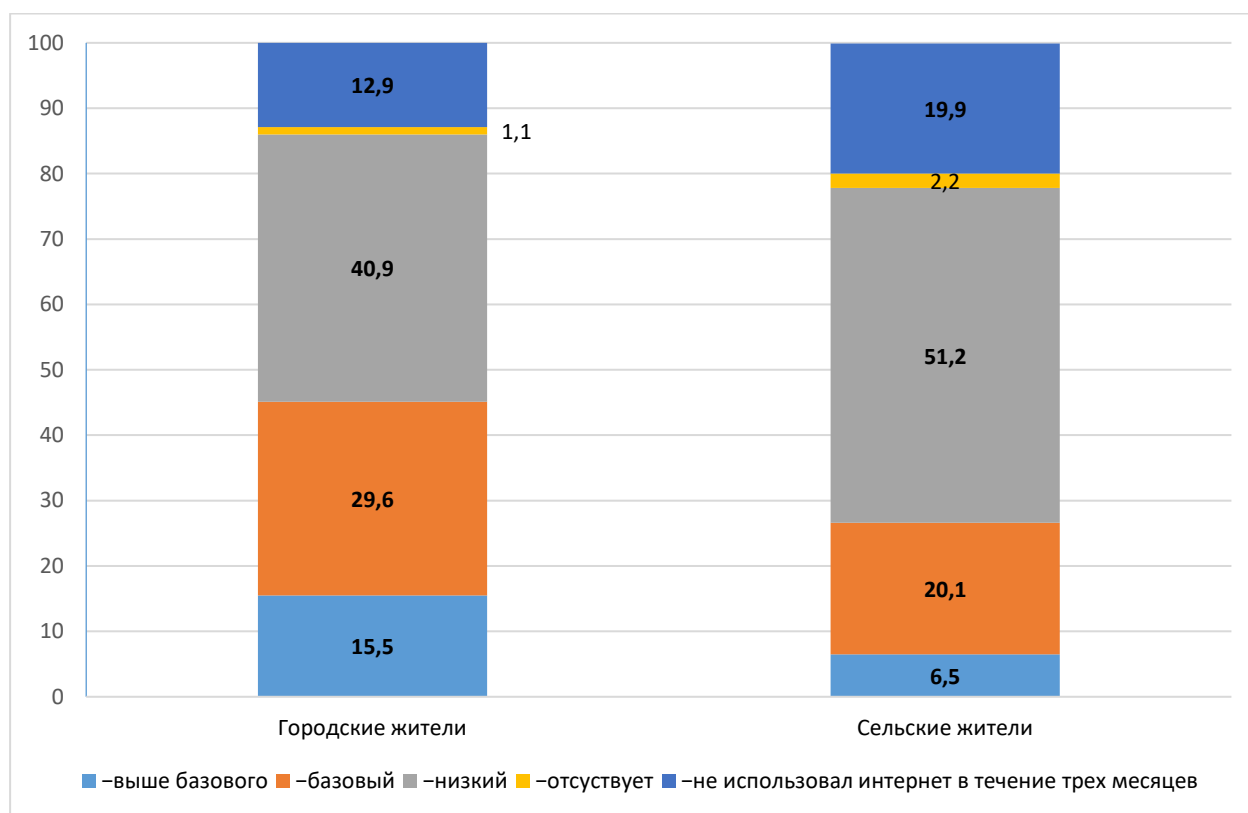


Рисунок 1.5 – Уровень владения цифровыми навыками в городской и сельской местности, 2022 г.

Источник: составлено автором на основе [71]

При этом если внутренние затраты снизились по сравнению с 2021 г. на 0,5 млрд руб., то по внешним, наоборот, отмечается рост, хотя и незначительный – на 0,3 млрд руб. Можно предположить, что произошло перераспределение расходов. Именно в этот период мы наблюдали повышение зарплат ИТ-специалистов, и при их остром дефиците организации стали предпочитать покупать услугу, нежели развивать и поддерживать собственные центры компетенции по ИТ-продуктам [171].

Следует отметить, что процесс цифровизации в АПК имеет достаточно серьезную институциональную основу, которая представлена рядом принятых нормативных правовых документов (таблица 1.2), направленных на устранение образовавшихся разрывов между аграрной экономикой и народным хозяйством

страны, приближая сельское хозяйство к более высоким стандартам цифровизации, уже существующим в других секторах и отраслях экономики, сокращение технологического разрыва между ними.

Приоритетом здесь являлись разработка и реализация ведомственной программы «Цифровое сельское хозяйство», направленной на создание условий для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 г. за счет повышения эффективности мер государственной поддержки в стимулировании процесса цифровизации, разработки системы подготовки специалистов сельскохозяйственных предприятий с целью формирования у них компетенций, создание единой национальной платформы управления сельским хозяйством на разных уровнях, на основе которой будут развернуты системы обеспечения государственной поддержки, финансовой помощи и финансового планирования [34].

Таблица 1.2 – Основные законодательные и нормативные акты, регулирующие цифровую трансформацию в сельском хозяйстве

Документ	Дата принятия
Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства»	22 декабря 2006 г., с изменениями 2023 г.
Постановление Правительства Российской Федерации «О создании системы государственного информационного обеспечения сельского хозяйства»	7 марта 2008 г.
Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия	14 июля 2012 г., с изменениями 2023 г.
Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года	29 июня 2016 г.
Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации	1 декабря 2016 г.
Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы	9 мая 2017 г.
Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы	25 августа 2017 г., с изменениями 2022 г.
Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года	7 мая 2018 г.
Ведомственная программа «Цифровое сельское хозяйство»	2018 г.

Продолжение таблицы 1.2

Документ	Дата принятия
Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»	4 июня 2019 г.
Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года	10 августа 2019 г.
Национальная стратегия развития искусственного интеллекта до 2030 года	10 октября 2019 г.
Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации	21 января 2020 г.
Указ Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»	21 июля 2020 г.
Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов на период до 2030 года	12 апреля 2020 г.
Приказ «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация»	18 ноября 2020 г.
Стратегия национальной безопасности Российской Федерации	2 июля 2021 г.
Распоряжение Правительства Российской Федерации об утверждении Перечня инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года	6 октября 2021 г.
Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.»	29 декабря 2021 г.
Три федеральных проекта, добавленных в программу цифровой экономики: «Искусственный интеллект», «Обеспечение доступа в Интернет за счет развития спутниковой связи», «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли»	2022 г.
Постановление Правительства Российской Федерации «О порядке ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения»	2 февраля 2023 г.
Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года	23 ноября 2023 г.

Важный вектор, который прослеживается в принятых Правительством РФ программ, постановлений и указов последних пяти лет, – тотальная интеллектуализация бизнес-деятельности. Темпы роста рынка передовых интеллектуальных и связанных с ними технологий в сельском хозяйстве в разы опережают традиционные секторы АПК. Для сравнения: если прогнозируемый среднегодовой темп роста таких отраслей сельского хозяйства, как

животноводство и птицеводство, равен 2 %, растениеводство – 5 %, рыбоводство – 5 %, то такие сегменты рынка, как сельскохозяйственные датчики, дроны и ИИ, стремятся к отметкам 15, 22 и 25 % соответственно. При этом прогнозируется более чем 6-кратный рост глобального рынка ИИ в сельском хозяйстве, который к 2030 г. должен приблизиться к 8,3 млрд дол [131].

Такое положение дел можно объяснить влиянием нескольких ключевых факторов. Во-первых, прорыв в области технологии интернета вещей, позволяющей собирать массу данных о многих аспектах производства, включая информацию о состоянии почвы, погодных условиях, росте растений и других параметрах. Во-вторых, развитие аналитики данных и искусственного интеллекта предоставило возможность проводить глубокий анализ полученных данных, включающий прогнозирование урожайности, оптимизацию производственных процессов и предоставление точных рекомендаций для принятия решений. Третий важный фактор – автоматизация и роботизация, явления, когда умные сельскохозяйственные машины, беспилотные летательные аппараты и роботизированные системы эффективно выполняют различные задачи, снижая трудозатраты и повышая точность сельскохозяйственных операций. Кроме того, создание цифровых платформ для обмена данными в сельском хозяйстве содействует общению и обмену информацией между участниками отрасли, ускоряя процесс цифровой трансформации в мире. Важно отметить, что не только экономическая выгода и повышение эффективности играют ключевую роль в этом процессе, но и растущая потребность в устойчивом, экологичном и ответственном сельском хозяйстве.

Экономическая система АПК переживает сегодня становление начальной фазы нового технологического уклада, базис которого составляют инновации, основанные на цифровых технологиях. Это подтверждается и теоретическими концепциями ведущих ученых-экономистов, и объективными статистическими исследованиями, и появлением новых цифровых моделей ведения бизнеса. На наших глазах прежние объективные экономические законы, лежащие в основе развития хозяйственной жизни индустриального общества, отходят на второй

план, уступая место новым законам, формирующим новый облик цифровой экономики. Поскольку этот объективный процесс касается всех без исключения сфер экономики, можно говорить о становлении нового инновационного способа производства (а не просто отраслевых новаций) и нового образа всей хозяйственной жизни общества, под которым будем понимать хозяйственную систему, основанную на сквозных технологиях, генерирующих цифровые решения, которые создают условия для конструктивного преобразования использования ресурсной базы АПК и открывают новые возможности для агробизнеса.

Хозяйственная деятельность человека складывается в систему, которая включает два основных элемента: производительные силы и производственные отношения. Для того чтобы новый способ производства привел к прорывному росту производительности, должна быть набрана критическая масса – подготовлена рабочая сила и организована инновационная цифровая деятельность в новых условиях. Однако сегодня данные процессы находятся в начале своего пути, хотя объективно развиваются с постоянным ускорением.

Не вызывает сомнений, что инновационное развитие АПК должно выстраиваться на новейших цифровых технологиях, на переднем крае которых находится искусственный интеллект. Поэтому сельское хозяйство необходимо ориентировать на широкое использование интеллектуальных бизнес-решений, а организацию интеллектуальной деятельности в сельском хозяйстве признать важнейшей первоочередной задачей, от успешного решения которой во многом зависит суверенитет, безопасность и экономическая мощь России.

1.2 Цифровое обеспечение бизнес-процессов в зерновом секторе АПК

Крупнейшим и системообразующим элементом АПК является зерновой подкомплекс, а зерновое производство – наиболее крупной подотраслью

сельского хозяйства (второй сферы АПК), развитие которой в значительной степени определяет продовольственную безопасность страны, обеспеченность населения продуктами питания, уровень его жизни, финансовое состояние сельскохозяйственных товаропроизводителей [160].

В валовом внутреннем продукте страны доля зерна и вырабатываемой из него продукции составляет около 10 %, при этом 40 % всего агропромышленного производства непосредственно связано с использованием зерновых ресурсов. На долю зерна устойчиво приходится около 1/3 валовой продукции растениеводства, свыше 50 % товарной продукции растениеводства, а также почти треть всех кормов, используемых в животноводстве. В совокупности зерновое хозяйство обеспечивает около 10 млн рабочих мест, а расходы хозяйства составляют около 20 % всех затрат сельскохозяйственного производства [7, 122].

В последние годы под зерновым клином страны занято более 41 % пашни, а удельный вес зерновых и зернобобовых культур в структуре всех посевных площадей России в 2023 г. составил 58 % (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Доля зерновых культур в общей посевной площади регионов 2019–2023 гг.

Источник: разработано автором на основе данных приложения Б.

При этом в сельскохозяйственных организациях под зерновыми культурами было занято более 65 % посевных площадей, а в крестьянских хозяйствах – почти 32 %.

Лидирующей зерновой культурой в стране является пшеница (озимая и яровая), которой в 2023 г. принадлежало 66 % всей посевной площади под зерновыми и столько же в валовом сборе зерна (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Производство зерна в Российской Федерации (2000–2023 гг.)

Вид зерновых культур	Годы							
	2000– 2004	2005– 2009	2010– 2014	2015– 2019	2020	2021	2022	2023
<i>Посевная площадь, тыс. га</i>								
Все зерновые и зернобобовые	45 165	45 067	44 649	46 883	47 900	47 006	47 504	47 894
В том числе зерновые, всего	44 028	43 968	42 995	44 787	45 940	44 941	45 158	44 939
Из них:								
пшеница	23 757	25 731	25 443	27 563	29 444	28 802	29 513	29 754
ячмень	9 910	9 457	8 457	8 463	8 530	8 176	7 976	7 943
овес	4 183	3 480	3 162	2 839	2 421	2 291	2 145	1 832
рожь	3 044	2 108	1 716	1 114	982	1 036	894	806
гречиха	1 135	1 085	1 072	1 142	873	981	1 139	1 295
просо	1 048	553	559	389	446	295	237	295
кукуруза на зерно	728	1 306	2 058	2 743	2 855	2 954	2 852	2 668
рис	153	163	201	194	197	190	174	192
тритикале	—	—	225	189	111	125	110	98
<i>Валовой сбор, млн т</i>								
Все зерновые и зернобобовые	76,4	88,5	84,8	119,1	133,5	121,4	157,6	144,9
В том числе зерновые, всего	74,7	86,9	82,7	115,8	130,0	121,4	153,0	139,0
Из них:								
пшеница	42,3	53,5	49,5	73,5	85,9	76,1	104,2	92,9
ячмень	17,4	18,1	15,0	18,7	20,9	18,0	23,4	21,1
овес	5,9	5,2	4,6	4,8	4,1	3,8	4,5	3,3

Продолжение таблицы 1.3

Вид зерновых культур	Годы							
	2000– 2004	2005– 2009	2010– 2014	2015– 2019	2020	2021	2022	2023
рожь	5,2	3,9	2,7	2,1	2,4	1,7	2,2	1,7
гречиха	0,6	0,8	0,7	1,1	0,9	0,9	1,2	1,5
просо	0,8	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5
кукуруза на зерно	1,8	4,2	8,2	13,5	13,9	15,2	15,8	16,6
рис	0,5	0,7	1,0	1,1	1,1	1,1	0,9	1,1
тритикале	–	–	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>Урожайность, ц/га</i>								
Все зерновые и зернобобовые	18,2	20,7	21,0	26,2	28,6	26,7	35,1	32,5
Из них:								
пшеница	19,5	22,9	21,3	27,2	29,8	27,2	36,7	32,9
ячмень	19,1	22,1	19,8	23,0	25,3	23,0	30,8	28,2
овес	15,8	16,1	16,0	17,7	17,7	17,2	22,9	20,1
рожь	17,5	20,2	16,6	19,2	24,4	17,2	26,1	22,8
гречиха	6,8	8,4	8,3	10,0	10,9	10,0	12,4	13,4
просо	10,7	11,3	11,1	13,2	11,0	13,6	16,3	16,9
кукуруза на зерно	31,5	35,6	41,9	51,7	50,8	52,5	65,4	75,9
рис	36,8	45,7	52,3	55,4	58,3	57,8	58,8	61,9
тритикале	–	–	22,5	26,6	28,1	24,1	29,6	30,7

Источник: составлено автором на основе ЕМИСС, [122, 179]

При стабильной или снижающейся доле посевов этой культуры в мире за период с 2000 по 2023 г. в России она непрерывно увеличивалась, став доминирующей. В то же время существенно сократился удельный вес овса (в посевной площади – с 9,5 до 4,1 %, в производстве зерна – с 7,9 до 2,3 %), ржи (в посевной площади – с 6,9 до 1,8 %, в производстве зерна – с 7 до 1,8 %), просо (в посевной площади с 2,4 до 0,65 %, в производстве зерна с 1,1 до 0,4 %).

Существенный рост показало производство кукурузы на зерно. Если в 2000–2004 гг. удельный вес данной культуры в общей посевной площади составлял всего 1,65 %, то к 2023 г. он увеличился до 5,9 %. В производстве доля кукурузы

выросла с 2,4 до 12 %, что связано с увеличением урожайности с 31,5 до 75,9 ц/га за анализируемый период.

В целом по стране зерновое производство показывает положительную динамику: за исследуемый период валовой сбор зерна увеличился на 90 % и достиг в 2023 г. 144,9 млн т, что на 12,7 млн т ниже чем в предыдущем 2022 г. Данное снижение на 7,9 % объясняется исключительно высокой базой рекордного 2022 г., при этом сбор 2023 г. оказался вторым в истории России и на 10 % превышает средний показатель за последние пять лет.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» уровень самообеспечения зерном, рассчитываемый как отношение производства продукции к объему внутреннего потребления в стране, не должен опускаться ниже 95 % [166]. За последние четыре года при среднем уровне внутреннего потребления зерна 80 млн т его самообеспеченность варьировалась в пределах от 151 до 197 %, что создает предпосылки для развития смежных производств и высокий экспортный потенциал.

Доля России в мировом производстве зерна на сегодняшний день остается более низкой, чем ее доля в посевах зерновых культур, хотя и наблюдается тенденция к сокращению этого разрыва (таблица 1.4). Если в 2000–2004 гг. доля посевных площадей составляла 6,7 %, а удельный вес страны в мировом объеме производства 3,6 %, то в 2023 г. эти показатели составили соответственно 6,6 и 5,1 %.

Производство зерна на душу населения в России значительно выше мирового уровня и продолжает увеличиваться. Если в начале 2000-х гг. РФ опережала глобальный уровень в полтора раза, то в 2023 г. производство зерна на душу населения в России составило 1001,8 кг, что более чем в 2,5 раза превышает мировой показатель, равный 352,3 кг в год.

Средняя урожайность зерновых культур в России в 2023 г. достигла 32,5 ц/га, что на 78,5 % выше показателя базисного 2000 г. (приложение В). Данный рост является результатом сочетания таких факторов, как

совершенствование агротехнологий, повышение эффективности селекции и внедрение современных методов ведения сельского хозяйства. Несмотря на заметную положительную динамику, Россия все еще отстает от мировых показателей передовых зернопроизводящих стран по урожайности (США – 80,7 ц/га, Франция – 66,5, Китай – 63,8, Канада – 40,8 ц/га) (приложение Г), хотя ее рост в последнее десятилетие позволил существенно увеличить удельный вес страны в мировом производстве зерна наряду с такими факторами, как расширение посевных площадей и улучшение их структуры.

Таблица 1.4 – Производство зерна в мире и России

Показатели	Годы							
	2000– 2004	2005– 2009	2010– 2014	2015– 2019	2020	2021	2022	2023
<i>Посевная площадь, млн га</i>								
Мир	670,6	696,8	711,0	723,5	732,5	739,7	731,6	721,0
Россия	45,2	45,1	44,6	46,9	47,9	47,0	47,5	47,9
Доля РФ, %	6,7	6,5	6,3	6,5	6,5	6,4	6,5	6,6
<i>Валовой сбор, млн т</i>								
Мир	2115,8	2375,8	2637,4	2919,6	3003,6	3071,3	3059,6	2836,0
Россия	76,4	88,5	84,8	119,1	133,5	121,4	157,6	145,0
Доля РФ, %	3,6	3,7	3,2	4,1	4,4	4,0	5,2	5,1
<i>Производство зерна на душу населения, кг</i>								
Мир	344,0	363,3	379,5	397,2	387,6	394,3	392,8	352,3
Россия	525,6	620,2	591,9	811,9	909,2	833,8	1086,2	1001,8
Соотношение Россия/Мир, %	152,8	170,7	156,0	204,4	234,6	211,5	276,6	284,4
<i>Урожайность, ц/га</i>								
Мир	31,5	34,1	37,1	40,4	41,0	41,5	41,8	41,0
Россия	18,2	20,7	21,0	26,2	28,6	26,7	35,1	32,5
Соотношение Россия/Мир, %	57,8	60,9	56,7	64,9	69,7	64,3	84,0	79,3

Источник: составлено автором на основе FAOSTAT, [179]

Анализ удельного веса основных зерновых культур в мировом производстве показывает, что наблюдаются сдвиги в пропорциях между продовольственными и зернофуражными культурами (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Удельный вес России в посевах зерновых культур и их валовом сборе в мире, %

Культуры	Годы						
	2000– 2004	2005– 2009	2010– 2014	2015– 2019	2020	2021	2022
<i>Посевная площадь</i>							
Зерновые, всего	6,7	6,5	6,3	6,5	6,5	6,4	6,5
В том числе:							
пшеница	11,1	11,7	11,7	12,6	13,5	13,1	13,5
ячмень	17,7	17,1	17,2	17,3	16,4	16,8	16,9
овес	33,9	30,8	33,2	29,5	24,7	23,8	22,6
рожь	35,9	32,5	32,5	26,0	22,1	24,1	22,3
гречиха	43,0	43,7	48,7	50,1	47,0	49,4	50,9
просо	3,0	1,6	1,7	1,3	1,4	1,0	0,8
кукуруза на зерно	0,5	0,8	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4
рис	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
тритикале	—	—	5,8	4,8	2,9	3,4	3,0
<i>Производство зерна</i>							
Зерновые, всего	3,6	3,7	3,2	4,1	4,4	4,0	5,2
В том числе:							
пшеница	7,2	8,3	7,2	9,8	11,3	9,8	12,9
ячмень	12,4	12,6	11,1	12,6	13,4	12,4	15,1
овес	22,5	21,4	20,7	20,4	16,3	16,7	17,2
рожь	27,1	24,4	18,8	16,9	15,8	13,1	16,6
гречиха	23,3	38,0	33,4	47,2	49,3	49,1	54,7
просо	2,8	1,6	1,6	1,5	1,2	1,2	1,0
кукуруза на зерно	0,3	0,5	0,9	1,2	1,2	1,3	1,4
рис	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
тритикале	—	—	3,4	3,4	2,0	2,0	2,2

Источник: составлено автором на основе FAOSTAT, [179]

Такая тенденция отчасти является следствием того, что в начальный период рыночных преобразований в подавляющем большинстве российских регионов утвердилось стремление региональных законодательных и исполнительных органов власти взять курс на самообеспечение регионов продовольствием, и прежде всего продовольственным зерном [9].

Несмотря на то, что Россия обладает необходимыми возможностями для удовлетворения народнохозяйственных и экспортных потребностей в зерне, без освоения передовых инновационных технологий, являющихся основным трендом современной экономики, повышение эффективности зернового хозяйства невозможно [8, 51, 62, 66, 101, 133, 137, 145, 177, 204, 232]. При этом активизация инновационной деятельности должна происходить в неразрывном единстве двух ее составляющих – создания новых инновационных продуктов и массового освоения инноваций в практике хозяйствования [11, 81].

В зерновом секторе, как и во всем сельском хозяйстве, большинство инноваций сегодня тесно связано с цифровизацией, оценку влияния которой на бизнес-процессы зернового сектора целесообразно проводить с момента утверждения государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, в которой в качестве ключевого ориентира развития впервые начала декларироваться цифровизация отраслей агропромышленного комплекса [164]. Позднее, с принятием ведомственной программы «Цифровое сельское хозяйство» и программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в зерновом секторе был взят курс на цифровизацию, который нашел отражение в долгосрочной Стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года, где внедрение современных цифровых решений фигурирует в качестве приоритетного направления государственной политики поддержки развития зернового комплекса и важнейшей задачи по реализации стратегии [160].

Важным индикатором цифровой трансформации бизнес-среды служит степень внедрения и использования информационных систем, расширяющих и интенсифицирующих цифровое пространство аграрной сферы. На текущем этапе

технологических преобразований зернового комплекса можно выделить два класса информационных систем: производственные и государственного управления (федеральные и ведомственные) [214]. К производственным относятся десктопные, распределенные, клиент-серверные системы обработки информации, нацеленные на повышение эффективности хозяйственной деятельности товаропроизводителя. Ко второму классу принадлежат системы, предназначенные для информационной поддержки предоставления государственных услуг и исполнения государственных функций, предусмотренных в федеральных законах, актах Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации и органов субъектов.

Государственные информационные системы (далее – ГИС) направлены на упрощение взаимодействия между бизнесом и государством, а также на реализацию функций мониторинга, контроля и учета, заложенных в показателях цифровой зрелости цифровой трансформации. К последним относятся: доля безбумажных сделок через повсеместное внедрение электронного документооборота, формирование финансовой отчетности на основании данных информационных учетных систем, доля сельскохозяйственных угодий, имеющих цифровой профиль, доля самоходных машин и прицепов, имеющих цифровой паспорт, и др. [158].

Цифровое пространство в зерновом секторе АПК представлено в настоящее время одиннадцатью федеральными государственными информационными системами, которые охватывают широкий спектр функций и предоставляют важные данные и инструменты для управления зерновым производством. ГИС обеспечивает получение достоверных и актуальных сведений о посевных площадях, фитосанитарном состоянии посевов, о предоставлении государственных услуг в сфере сельского хозяйства, автоматизирует сбор и обработку бухгалтерской отчетности, выполняет мониторинг продовольственной безопасности и другие функции (рисунок 1.7).

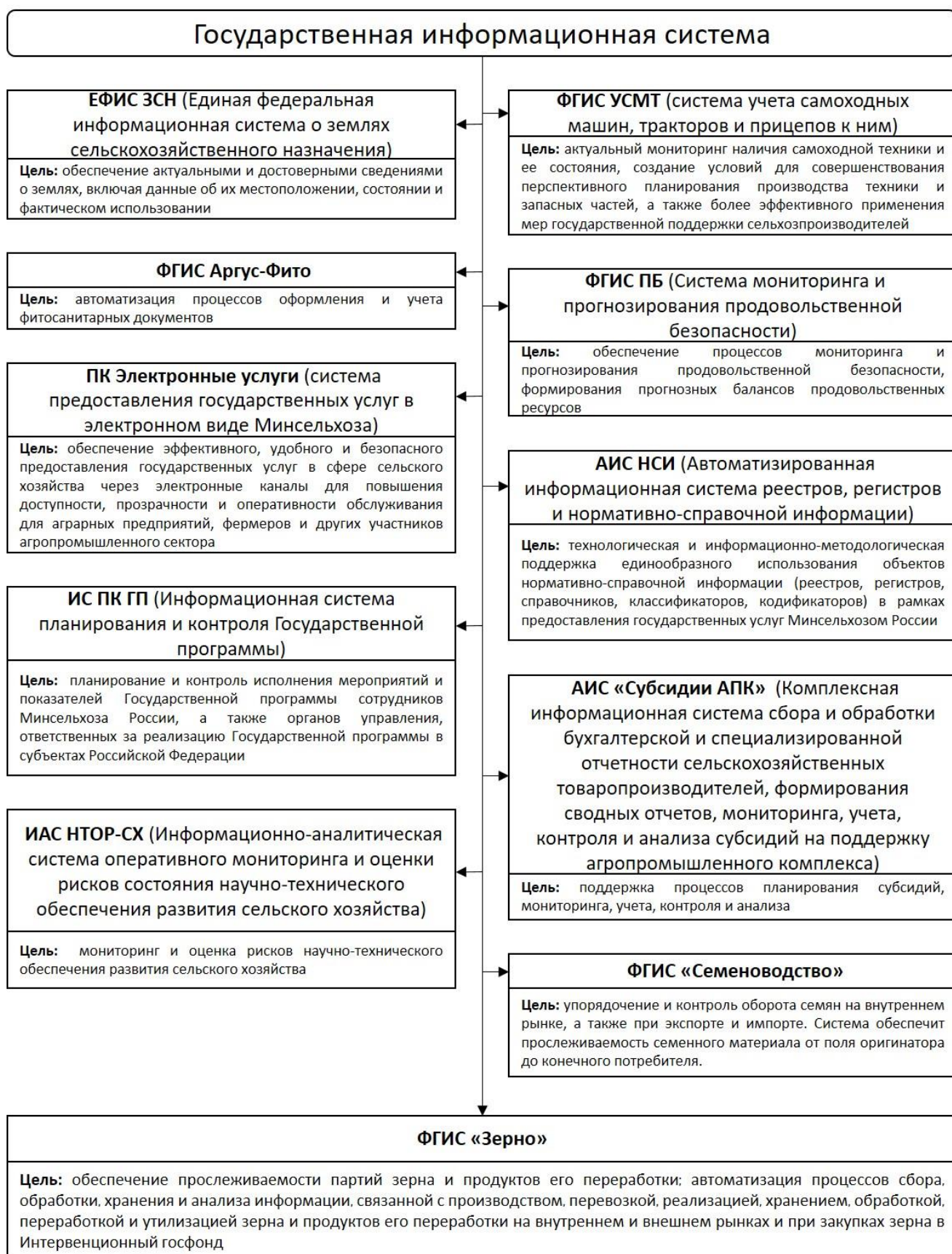


Рисунок 1.7 – Информационное окружение инновационной среды зернового производства

Источник: разработано автором

В то же время использование этих систем сталкивается с рядом проблем, препятствующих их эффективному внедрению и применению, включая проблемы интеграции, синхронизации и доступности на разных уровнях управления:

- 1) отсутствие единого доступа к государственным системам Минсельхоза;
- 2) некоторые из представленных систем (например, «Система мониторинга и прогнозирования продовольственной безопасности Российской Федерации» и «Информационная система планирования и контроля Государственной программы») имеют перекрывающиеся функциональные области и дублирующие функции, что приводит к ненужному повторению процессов, росту затрат на разработку и поддержку, а также к путанице у конечных пользователей;
- 3) отсутствие эффективной интеграции между различными системами, что затрудняет обмен данными и создание единого информационного пространства для принятия решений.

Таким образом, основная проблема, которая прослеживается при анализе информационного окружения зернового сектора, – отсутствие комплексной интеграции и автоматизации информационных сервисов, что создает риски потери актуальных данных, увеличивает вероятность ошибок при их обработке и препятствует своевременному реагированию на изменения внешних и внутренних факторов.

С начала 2018 г. потребность в формировании единого информационного пространства для сельского хозяйства декларировалась в двух государственных документах. Первый раз о создании единой национальной цифровой платформы в АПК, интегрированной с другими субплатформами для управления сельским хозяйством на региональном и муниципальном уровнях, было заявлено в ведомственной программе «Цифровое сельское хозяйство». Позднее в утвержденном стратегическом направлении в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов в качестве основного технологического тренда также было отмечено создание единой

цифровой платформы агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов с унифицированным подходом к сбору, верификации и хранению данных, позволяющих организовать принятие качественных управленческих решений [165].

Платформа «Цифровое сельское хозяйство» ориентирована на объединение агрорешений для производственной сферы АПК, создавая условия для интеграции различных технологических и аналитических сервисов. Интеграция таких решений охватывает широкий спектр задач: от оптимизации посевных кампаний и управления ресурсами до прогнозирования урожайности и анализа фитосанитарного состояния полей. Одновременно с этим стратегически значимая цифровая платформа АПК, как указано в утвержденных документах, позиционируется как «единая точка интеграции всех информационных систем Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и Федерального агентства по рыболовству с информационными системами других ведомств». Ее функционал включает обеспечение сквозных потоков унифицированных и верифицированных данных, автоматизацию расчетов параметров для субсидирования и сельскохозяйственного страхования, создание механизмов уведомления региональных органов власти и участников рынка о различных событиях, а также снижение рисков киберугроз через унификацию инфраструктурных функций.

В настоящее время остается неопределенность в отношении направления развития и взаимодействия данных платформ. Неясно, будут ли они развиваться параллельно, а также каким образом будет выполняться интеграция и разделение функциональных областей между ними. Тем не менее, анализ их текущих концепций позволяет сделать выводы о возможных подходах к архитектуре цифрового обеспечения отрасли с акцентом на зерновой комплекс и его производственную сферу (рисунок 1.8).

Одним из главных драйверов цифровой трансформации бизнес-процессов в зерновой отрасли стал тренд на биологизацию сельского хозяйства, предполагающий активное использование биологических методов для повышения

устойчивости агросистем и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду. На этом фоне широкое распространение получили технологии точного земледелия, обеспечивающие высокую степень контроля и управления агротехническими операциями на основе точных данных о состоянии почв, посевов и других окружающих факторов и позволяющие адаптировать биологические методы к специфическим условиям каждого участка поля.



Рисунок 1.8 – Архитектура платформенного обеспечения зернового сектора АПК

Источник: разработано автором

В 2023 г. технологии точного земледелия использовались в 1 342 хозяйствах (без учета Краснодарского края, Ставропольского края, Ростовской области) на общей площади 7,1 млн га [120]. В структуре регионов, использующих технологии

точного земледелия, наблюдается неравномерное, фрагментарное проникновение цифровых решений (рисунок 1.9).

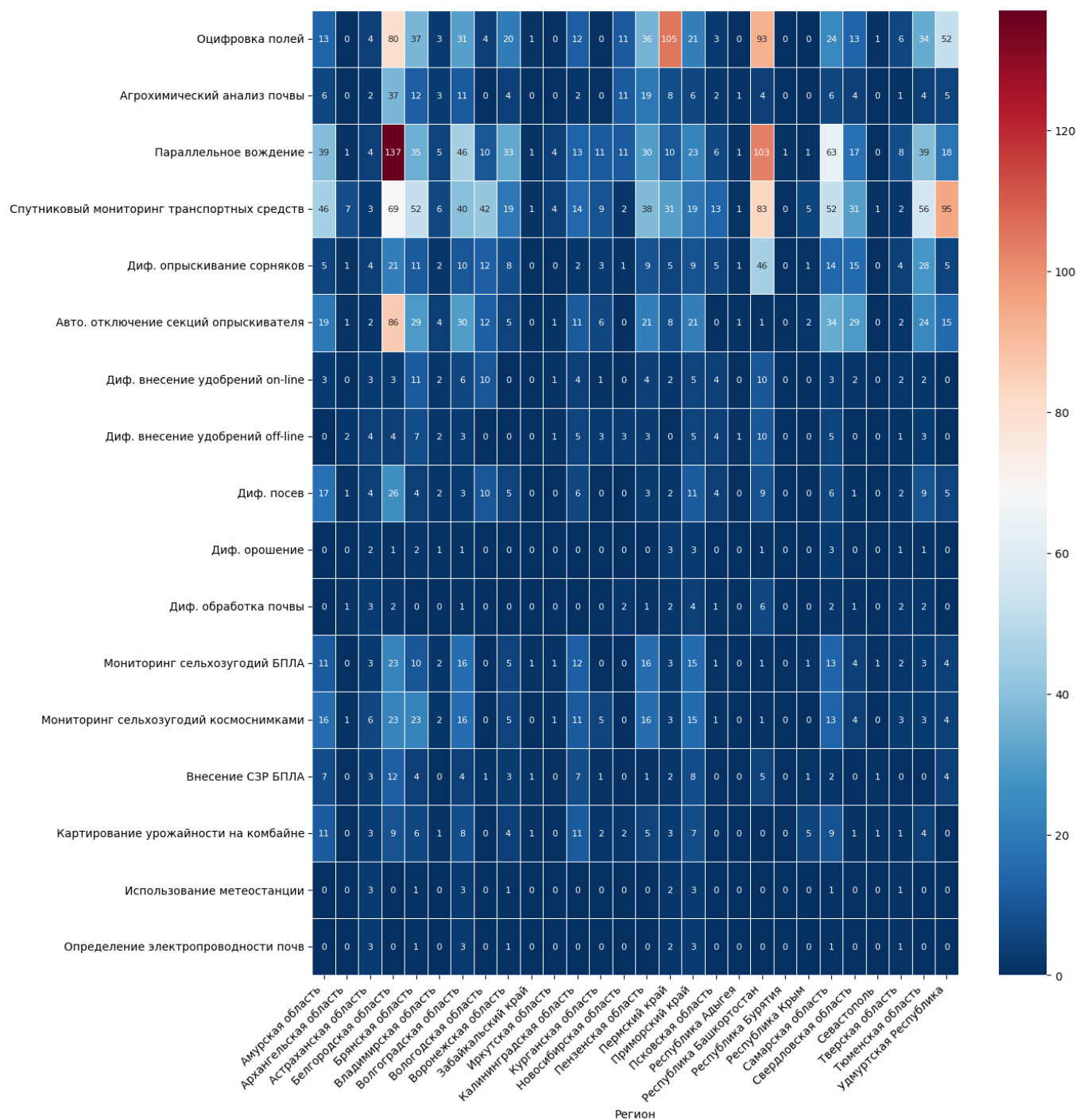


Рисунок 1.9 – Использование элементов точного земледелия в регионах РФ в 2023 г.

Источник: составлено автором на основе данных приложения К

В список регионов-лидеров по числу хозяйств, использующих в 2023 г. технологии точного земледелия, попали: Республика Башкортостан – 187 хозяйств, Белгородская область – 156, Пермский край – 129, Удмуртская Республика – 113, Тюменская область – 87. В ТОП-5 рейтинга регионов по площади сельскохозяйственных угодий, обрабатываемых с помощью точного земледелия, вошли: Республика Башкортостан – 1 027 892 тыс. га, Белгородская область – 986 772, Волгоградская область – 764 791, Пензенская область – 529 834, Тюменская область – 513 222 тыс. га [201].

К наиболее востребованным технологиям у сельскохозяйственных производителей относятся: спутниковый мониторинг транспортных средств – используют 20,8 % обследованных хозяйств, параллельное вождение – 18,8, оцифровка полей – 16,9, автоматическое отключение секций опрыскивателя – 10,2, дифференцированное опрыскивание сорняков – 6,2 %. Благодаря высокоточному определению потребностей в ресурсах данные технологии позволяют значительно сократить расходы на рабочую силу, топливо, удобрения и средства защиты.

Несмотря на отличающийся масштаб проникновения элементов точного земледелия в различных регионах страны, цифровая трансформация постепенно становится основной стратегией для непрерывно возрастающего числа компаний, стремящихся адаптироваться к новой цифровой реальности и перенести бизнес-процессы в цифровую среду. Такая ориентация связана в первую очередь со стремлением снизить транзакционные издержки, играющие роль сил трения в экономике, и тем самым открыть новые возможности для роста и развития бизнеса. Безальтернативность этого процесса даже в самых инертных в технологическом плане географических районах не вызывает сомнений [6, 37, 38, 63, 98, 168, 225].

Среди кейсов использования цифровых технологий в производстве зерна следует отметить решения на основе систем спутникового позиционирования и геоинформационных систем, интегрируемых с сельскохозяйственной техникой и обеспечивающих точное определение ее местоположения и управление.

Реализация автоматизированных систем управления позволяет оптимизировать маршруты обработки полей, предотвращать перекрытия и уменьшать пересев. На сегодняшний день современные системы коррекции (RTK-поправки) для повышения точности GPS/ГЛОНАСС обеспечивают точность сельскохозяйственных операций на зерновом поле до 2,5 см.

Благодаря навигационным системам достигается экономия топлива за счет полного использования сельскохозяйственного орудия и уменьшения перекрытия, экономия на внесении удобрений и средств защиты растений, сокращение потерь урожая за счет увеличения скорости уборки урожая, в том числе в ночное время и при любых погодных условиях.

Другой тренд трансформации бизнес-процессов – внедрение систем автономного управления сельскохозяйственной техникой. Система интегрирует возможности компьютерного зрения и спутниковой навигации, функционируя подобно человеческому восприятию на поле. В режиме реального времени устройство анализирует окружающую обстановку, используя данные с видеокамеры, и с помощью нейросети глубокого обучения определяет расположение и тип препятствий. Автопилот для сельскохозяйственной техники корректирует траекторию движения с использованием гидроблока, интегрированного непосредственно в систему рулевого управления. В середине 2016 г. прошли испытания первого в России беспилотного трактора «АгроБот», а в 2022 г. комбайны с искусственным интеллектом собрали уже 720 тыс. т урожая зерновых. В рамках совместного проекта Русагро, Сбера и Cognitive Pilot 242 зерноуборочных комбайна в Белгородской, Тамбовской, Курской и Орловской областях были оснащены системой автономного управления,

Помимо систем навигации и автономного вождения следует выделить направления совершенствования бизнес-процессов, связанных с эксплуатацией зерноуборочной техники. Как показано на рисунке 1.10, значительная часть реализуемых решений относится к категории интеллектуальных. Поэтому немаловажным аспектом работы по выстраиванию цифрового ландшафта производства зерна является формирование комплексных баз данных,

охватывающих разнообразные аспекты интеллектуализируемых процессов. Эти базы данных включают информацию о состоянии почв, метеорологические данные, показатели урожайности с каждого метра поля, технологические потери, расход горюче-смазочных материалов, удобрений и средств защиты растений, а также данные с датчиков и сенсоров о расходе семенного материала и других ключевых показателях. Систематическое накопление данных позволяет не только настраивать и поддерживать работу сельскохозяйственного оборудования на основе реальных условий и потребностей, но выявлять и устранять узкие места, снижать потери и повышать общую эффективность производственного процесса.



Рисунок 1.10 – Функции цифровых агрорешений для зерноуборочной техники

Источник: Центр цифровой трансформации в сфере АПК. URL: <https://www.mcхac.ru/upload/medialibrary/0f3/0f3e94a2348bb7122977c138e069ece1.pdf>

Ряд выгодных возможностей в зерновом секторе дает использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые с помощью сенсоров и мультиспектральной съемки осуществляют сбор данных о состоянии окружающей среды, почвы, экологической ситуации, росте сельскохозяйственных

культур, вегетационном индексе [222]. Анализ изображений с дронов позволяет решать важные для зернового производства задачи, среди которых обнаружение признаков болезней и вредителей зерновых культур, диагностика недостатка влаги и питательных веществ, определение оптимальных сроков посева. Данные, полученные с дронов, используются для создания высокоточных карт почвенных характеристик и более эффективного управления процессами внесения удобрений и агрохимикатов в соответствии с потребностями различных участков на поле. Кроме мониторинговых функций, БПЛА находят применение и в точном земледелии, обеспечивая высокоточное внесение удобрений и средств защиты растений. Например, отечественная компания Flyseeagro предлагает комплексные решения на основе БПЛА при обработке полей с использованием энтомофагов – насекомых, представляющих собой естественных врагов вредителей растений и контролирующих популяцию вредных насекомых. Компания реализует ультрамалообъемное опрыскивание, обеспечивая точное дозирование удобрений и химикатов по полям, способствуя повышению эффективности внесения средств защиты растений, снижению расхода агрохимикатов и минимизации воздействия на окружающую среду.

Широкое распространение получает технология интернета вещей IoT (Internet of Things), объединяющая физические устройств (датчики, сенсоры, БПЛА, механизмы, технику) в единую информационную сеть по всей цепочке создания стоимости, включая устройства конечного потребителя. В настоящее время интернет вещей объединяет устройства отдельных производственных процессах. Например, известен пример отечественной системы мониторинга почвенно-климатических параметров, разработанной сотрудниками Томского государственного университета, объединяющей в единую сеть агрозонды, которые с заданной периодичностью измеряют температуру воздуха и почвы, глубину ее промерзания, давление и атмосферную влажность, после чего полученная информация обрабатывается нейронными сетями. Другой пример – мониторинг температурного режима складов и хранилищ зерна с помощью IoT-системы термоконтроля, разработанной АО «ЭР-Телеком Холдинг» [236].

Таким образом, если исторически распространение цифровых технологий в зерновом хозяйстве АПК начиналось с информатизации управленческих функций, включая автоматизацию ведения учета и контроль за движением зерновых потоков при их приеме и отпуске сельхозпроизводителями с последующей автоматизацией логистики зернопотоков, то сегодня цифровые технологии все глубже проникают в бизнес-окружение производства зерна, трансформируя также основные, обеспечивающие и смежные бизнес-процессы, интегрируя их в единую цифровую среду (рисунок 1.11). Совершенствование группы основных бизнес-процессов достигается прежде всего за счет более эффективного использования ресурсов: горюче-смазочных материалов, семян, агрохимикатов и такого важнейшего ресурса, как время. Улучшение обеспечивающих процессов сосредоточено на масштабировании функций, связанных с обслуживанием и управлением, включая автоматизацию задач поиска и найма сотрудников, упрощение учета и управления рисками, совершенствование систем маркетинга и взаимодействия с клиентами. Такие улучшения способствуют не только повышению качества и скорости выполнения задач, но и общей управляемости и гибкости бизнеса, что критически важно для адаптации к быстро меняющимся рыночным условиям и требованиям.

Проникающие сегодня в зерновое производство цифровые решения существенно трансформируют протекающие в нем бизнес-процессы и систему управления. Эти изменения затрагивают как организационно-управленческие, так и технико-технологические аспекты аграрного бизнеса, приводя к коренным преобразованиям в функционировании всего процесса производства – от оптимизации агрономических практик и управления ресурсами до автоматизации логистических цепочек и взаимодействия с органами государственной власти.

Процесс цифровизации характеризуется рядом особенностей.

Первая особенность инновационных преобразований, протекающих в зерновом секторе, – ориентация на создание единого информационного пространства.

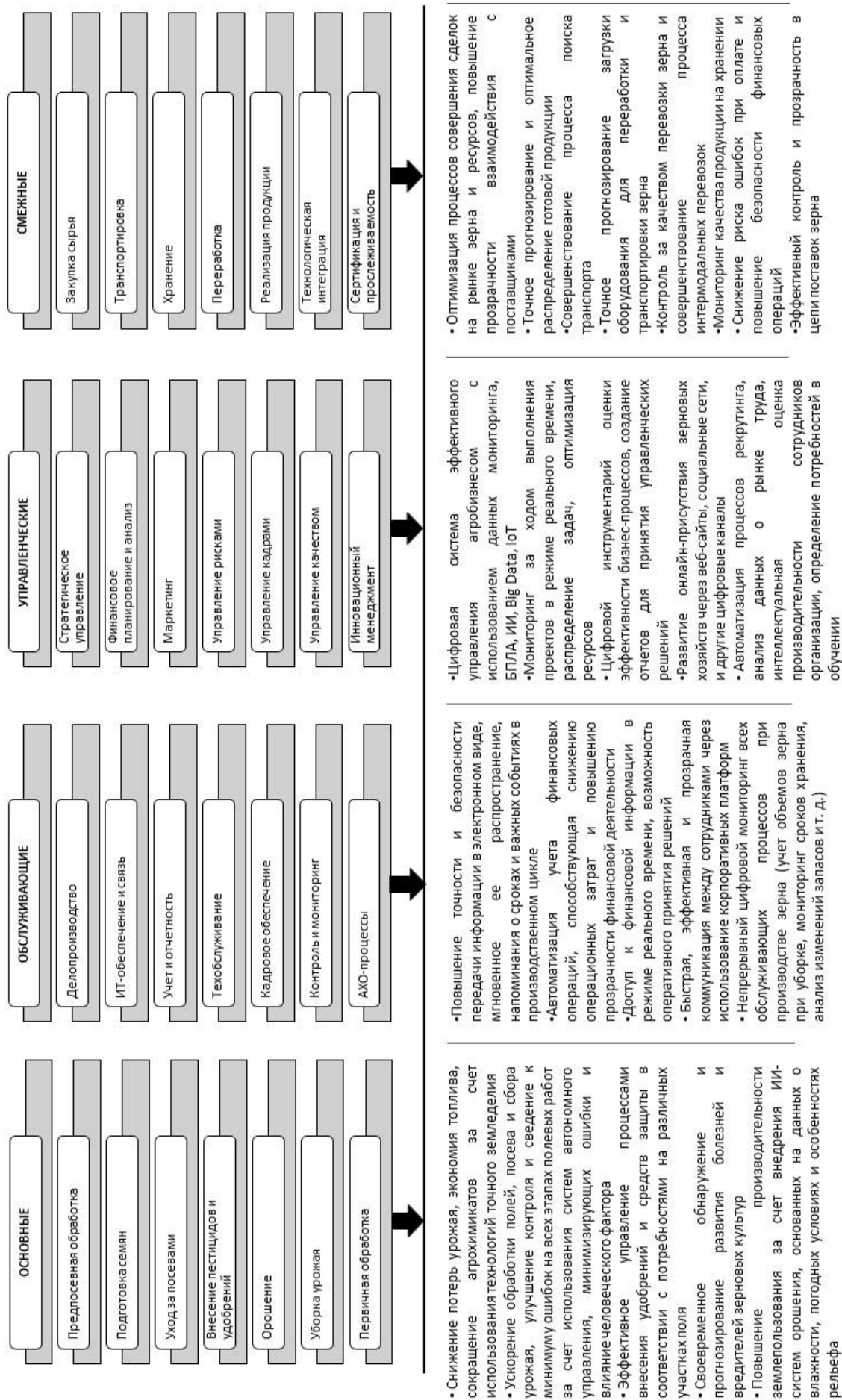


Рисунок 1.11 – Классификация функций цифровых технологий в бизнес-процессах зернового производства

Источник: составлено автором

В рамках такого пространства информационные отраслевые решения, включая сервисы по взаимодействию с государственными органами, бизнес-сервисы, информационные и агросервисы, должны быть объединены на единой цифровой платформе. Цифровая платформа должна обеспечивать централизованное управление данными и служить фундаментом для развития на нем будущей экосистемы.

Вторая особенность цифровой трансформации – интеллектуализация бизнес-процессов зернового производства и в большей степени основных его подпроцессов. Можно констатировать, что на уровне производственных решений зернового сектора искусственный интеллект выступает базисом цифровизации. В системах автономного управления ИИ используется для адаптации маршрутов в реальном времени, учитывая различные факторы, такие как препятствия, рельеф поля и условия почвы. Датчики и камеры, снабженные технологиями машинного зрения, позволяют технике лучше взаимодействовать с окружающей средой; ИИ анализирует данные о почве, растениях и метеоусловиях, чтобы определить оптимальные параметры работы сельскохозяйственных машин, включая регулировку скорости, глубину возделывания и количество используемых ресурсов, таких как удобрения и вода. С использованием интеллектуальных технологий создаются цифровые карты, где машинное обучение применяется для определения категорий или классов управляемых зон на основе собранных данных; технологии распознавания используются для диагностики сорной растительности, фитопатогенов, вредителей и т. д. Чтобы преобразования в зерновом секторе перешли на новый уровень, должна быть проведена организация интеллектуальной деятельности и в первую очередь налажен важнейший ее этап – сбор и подготовка данных, который в настоящее время находится в зачаточном состоянии.

В условиях цифровой трансформации агропромышленного комплекса, и зернового подкомплекса в частности, существенное значение приобретает разработка цифровых инструментов эффективного мониторинга и контроля бизнес-процессов (третья особенность инноваций в зерновом секторе).

Мониторинг зернового производства, поддерживаемый современными интеллектуальными решениями, становится важной компонентой формирования научно обоснованной, конкурентоспособной и привлекательной для инвестиций инновационной системы зернового комплекса. Важность инновационной системы мониторинга проявляется в нескольких аспектах:

1) отслеживание всех этапов зернового производства, начиная с посева и заканчивая уборкой урожая, а также смежных процессов, поддерживая высокий уровень контроля и прозрачности на каждом этапе цепочки создания ценности;

2) оперативный фитосанитарный контроль, включая выявление болезней, вредителей и сорной растительности, а также руководство к проведению защитных мероприятий;

3) перманентный сбор и анализ поступающей информации от мониторинговых систем, способствующей прогнозированию и своевременной реакции на экстремальные события и адаптации практики производства зерна к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды.

Наконец, при рассмотрении инноваций в зерновом производстве важно осознавать, что происходящие изменения касаются не только технико-технологических, экономических и организационных аспектов производства, но и самого человека, который участвует в этом процессе. Происходит не просто внедрение новых методов и технологий, но и формирование нового человека, нового труженика, что может быть охарактеризовано новым психолого-поведенческим видом инноваций, влияющих на мышление фермера.

Цифровая трансформация зернового сектора требует интеграции цифровых решений на каждом этапе, от поля до потребителя, и ставит перед отраслью вызовы по адаптации персонала. Переход на инновационные решения, такие как системы мониторинга на базе нейронных сетей, управления агрономическими процессами с помощью ИИ, использование систем точного земледелия, создаёт потребность в совершенно новом уровне цифровой грамотности у сотрудников. Институциональные изменения, сопровождающие цифровую трансформацию, оказывают глубокое влияние на психологическое состояние и восприятие

работников. В условиях ускоренной адаптации к новым технологиям сотрудники оказываются перед необходимостью не только осваивать новые навыки, но и менять свое отношение к рабочему процессу и собственному профессиональному развитию.

Этот переход требует устойчивости к изменениям, гибкости в подходах к задачам и готовности принимать технологические инструменты как неотъемлемую часть повседневной работы. Сотрудники теперь должны не просто выполнять инструкции, а работать в условиях постоянного взаимодействия с инновационными решениями, т. е. обладать самостоятельностью, критическим мышлением и уметь принимать быстрые решения на основе данных. Новые цифровые инструменты управления предъявляют совершенно новые требования к компетенциям в работе аграриев, среди которых можно выделить:

- *цифровую грамотность*: способность уверенно работать с различными цифровыми инструментами, понимать принципы их функционирования и применять их в профессиональной деятельности;

- *цифровую проницательность*: способность видеть потенциал в новых технологиях и понимать, в каких бизнес-процессах они могут быть использованы для достижения максимального производственного, экономического, социального и других эффектов;

- *навыки цифровой коммуникации*: умение использовать цифровые каналы взаимодействия для налаживания и поддержания связи с коллегами, партнерами и заинтересованными сторонами, обеспечивая оперативность и прозрачность коммуникации;

- *управление информацией*: способность получать, интерпретировать и хранить данные, оценивать актуальность и релевантность полученной информации, организовывать информационные потоки таким образом, чтобы они способствовали улучшению рабочих процессов;

- *взаимодействие с ИИ*: способность взаимодействовать с интеллектуальными системами для получения аналитических выводов,

автоматизации рутинных производственных задач и принятия обоснованных решений на основе данных;

– *цифровую адаптивность*: умение гибко реагировать на изменения, вызванные внедрением новых технологий; способность видеть в изменениях не только вызов, но и возможность для улучшения бизнеса.

В научной литературе представлены различные подходы к классификации инноваций и инновационной деятельности. Так, А. И. Алтухов и В. И. Нечаев подчеркивают, что формирование инновационных конкурентных преимуществ российского зерна на внутреннем и мировом рынках требует комплексного развития всех направлений инновационной деятельности, включая селекционно-генетическое, производственно-технологическое и организационно-управленческое [11]. М. Н. Кирилов предлагает типологию инноваций, выделяя технические, технологические, селекционно-генетические, организационно-экономические и информационные инновации [81]. Е. В. Тупицына классифицирует инновации на основе технологических параметров, степени новизны, сферы деятельности, глубины вносимых изменений и характера удовлетворяемых потребностей [202]. Н. И. Аристер и др. систематизируют инновационные процессы по следующим критериям: по потенциалу, по степени новизны, по месту в инновационном процессе, по содержанию, по этапам жизненного цикла, по сферам применения, по длительности инновационных процессов, по масштабам применения [126].

На основе анализа существующих классификаций представляется целесообразным дополнить их признаком, учитывающим психолого-поведенческие аспекты инноваций. Данный критерий фокусируется на изменениях в восприятии и поведении участников производственного процесса под действием цифровых технологий – от поверхностной адаптации до глубинной трансформации профессионального сознания (таблица 1.6). Такой подход к классификации способствует более глубокому пониманию инновационной динамики в зерновом хозяйстве, позволяя учитывать поведенческий фактор при разработке этапных моделей внедрения инноваций.

Таблица 1.6 – Классификация инноваций по уровням психолого-поведенческого воздействия, вызванного цифровыми технологиями

Уровни воздействия	Характеристика
Низкий уровень когнитивного воздействия (эволюционные инновации)	Минимальные изменения в восприятии и действиях, которые касаются в основном привычек и организационных процессов. Внедряемые цифровые инструменты не требуют значительных изменений в существующих подходах к работе и выхода за рамки привычных операций. Люди воспринимают изменения как естественную эволюцию существующих процессов, кардинальных преобразований в мышлении не происходит. Пример – внедрение нового мессенджера для обмена сообщениями внутри организации
Умеренный уровень когнитивного воздействия (адаптивные инновации)	Более существенные изменения в восприятии и действиях участников, требующие адаптации их навыков, знаний и методов работы. Инновации умеренного уровня изменяют привычные рабочие процессы, но не требуют полной перестройки системы. Пример – внедрение нового программного обеспечения для управления проектами, такого как система для учета задач или планирования времени
Высокий уровень когнитивного воздействия (революционные инновации)	Значительные изменения в восприятии и мышлении участников, что оказывает существенное влияние на их поведение. На этом уровне внедряются устойчивые практики сельского хозяйства, изменяющие подходы к аграрному производству, а также происходит переосмысление роли цифровых технологий в долгосрочном развитии агробизнеса, что требует от людей готовности к фундаментальной смене парадигм в подходах к производству и управлению. Пример – внедрение новой цифровой системы мониторинга
Трансформационное воздействие	Радикальные изменения, затрагивающие мировоззрение участников, включая их профессиональное и культурное восприятие. На этом уровне происходит внедрение принципов социально-экологической ответственности и революционные изменения в бизнес-моделях, способные изменить не только методы работы, но и базовые ценности, связанные с агробизнесом и его взаимодействием с обществом и окружающей средой. Пример – переход к цифровой экосистеме платформенного типа

Источник: разработано автором

Важно отметить, что современная ситуация требует сближения разных видений и подходов к классификации в связи с переосмыслением традиционных методов и формированием нового облика зернового производства, а вместе с ним и нового труженика.

1.3 Искусственный интеллект в управлении бизнес-процессами зернового производства

Если базис современных инноваций в аграрном секторе определяют цифровые технологии и решения, то искусственный интеллект формирует базис цифровизации, предоставляя инструменты для снижения издержек производства, сокращения доли использования ручного труда, роста урожайности, снижения экологической нагрузки, а также повышения устойчивости и эффективности производства [236]. В отличие от традиционных информационных технологий, ИИ способен обрабатывать огромные объемы данных с высокой точностью и скоростью, что дает возможность сельскому хозяйству перейти на качественно новый уровень эффективности. Тотальная интеллектуализация аграрного сектора экономики и зернового производства является сегодня важнейшей народно-хозяйственной задачей, от решения которой зависит возможность преодоления текущих технологических ограничений и дальнейшее развитие сельского хозяйства [182].

В 2023 г. объем отечественного рынка искусственного интеллекта превысил 650 млрд руб., увеличившись на 18 % по сравнению с предыдущим годом. Прогнозируемый эффект для экономики России от его использования в ближайшей перспективе оценивается на уровне 11,2 трлн руб. Спрос сельского хозяйства на искусственный интеллект и нейротехнологии постоянно растет – в 2020 г. он составил 3,9 млрд руб., в 2023 г. достиг 5,1 млрд руб. [236]. В среднесрочной перспективе благодаря огромному потенциалу его рост прогнозируется более чем в 20 раз (до 84 млрд руб.) [125].

Согласно имеющимся данным [68], в 2023 г. технологии ИИ были внедрены в бизнес-процессы 20,5 % сельскохозяйственных организаций, среди которых 16,3 % имеют стратегию развития и использования ИИ, 24,1 % оценивают экономический эффект от ИИ как существенный или многократный, 43,8 % используют исключительно отечественные решения (только внедренные), 23,1 % разрабатывают интеллектуальные решения самостоятельно, 50 % применяют

инструменты обеспечения доверия и безопасности при работе с ИИ, 70 % используют технологию компьютерного зрения (самая популярная технология в АПК). При этом 23,1 % организации сферы деятельности планируют интеллектуализацию бизнес-процессов в течение 3 лет. В 2023 г. сельское хозяйство вошло в число приоритетных отраслей экономики для внедрения технологий искусственного интеллекта, что еще больше повысило значимость массового использования данной технологии в бизнес-процессах производства зерна.

Отметим, что искусственный интеллект не может функционировать в изоляции и зависит от других цифровых технологий, в числе которых большие данные, облачные сервисы, интернет вещей, БПЛА и др., позволяющие интеллектуальным системам эффективно обрабатывать информацию, строить прогнозы и поддерживать принятие управленческих решений. Существует и обратная связь: перечисленные технологии зависят от возможностей и потенциала ИИ, выступающего неотъемлемой частью их функционирования и развития.

Среди преимуществ использования ИИ товаропроизводители отмечают скорость, объективность, качество, персонализацию и экономический эффект (рисунок 1.12).

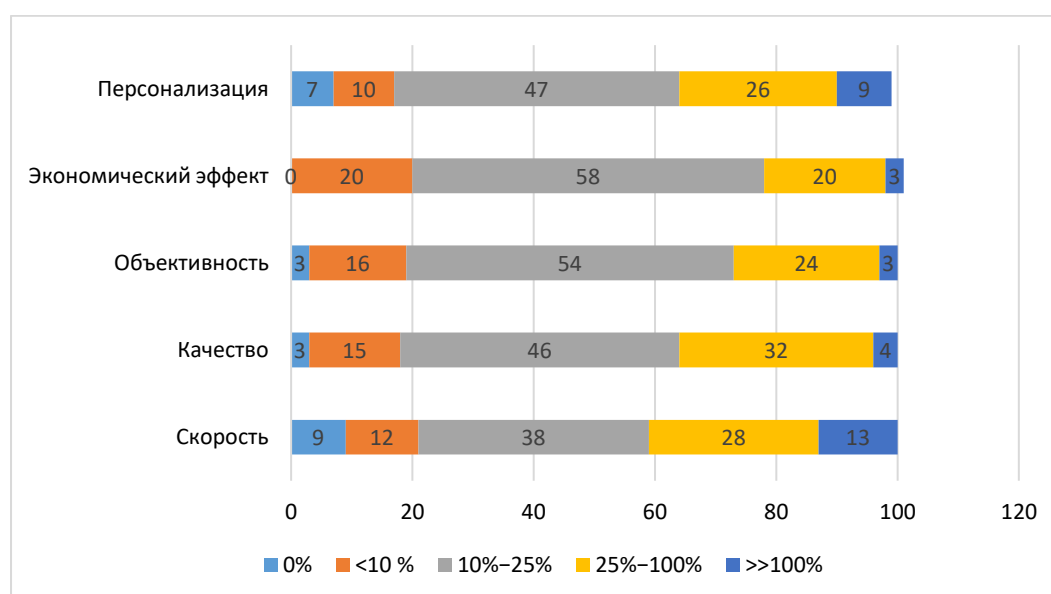


Рисунок 1.12 – Эффекты от внедрения и использования ИИ в бизнес-процессах АПК

Источник: составлено на основе [68]

Как следует из рисунка 1.12, умеренный (10–25 %) и существенный (25–100 %) эффекты, отмечаемые аграриями в каждой категории, находятся примерно на одинаковом уровне. В то же время многократный рост (> 100 %), обусловленный интеллектуализацией бизнес-процессов, имеет явного лидера – скорость принятия решений (13 % организаций).

Принятие решений – критическая точка любого процесса управления. Эффективные решения, основанные на адекватном анализе данных, в конечном счете определяют результаты всей управленческой, а значит, и производственной деятельности организации [219]. Ранее функция принятия решений полностью возлагалась на человека, лицо, принимающее решение. Однако современные реалии показывают, что часть управленческих функций постепенно переходит под контроль ИИ [144, 236]. Искусственный интеллект в данном контексте не предназначен для полного замещения человека на всех этапах принятия решений, а скорее действует как «фильтр неопределенности», помогая снизить степень непредсказуемости внешней среды и способствуя своевременной и точной оценке доступных управленческих альтернатив.

В результате цифровизации система управления зерновым производством претерпевает глубокие и многоаспектные изменения, которые выходят далеко за пределы простой автоматизации производственных процессов посредством интеграции передовых технологий. Переход от человекоцентричной к *data*-центричной модели требует пересмотра традиционных принципов принятия решений и взаимодействия участников цепочки создания стоимости, которые теперь должны адаптироваться к новой цифровой реальности. В классической системе управления решения принимались людьми на основе накопленного опыта, экспертных оценок и зачастую субъективных представлений о сложившейся производственной ситуации. Однако в быстро меняющихся условиях данный подход теряет свою актуальность, так как не способен обеспечить своевременную реакцию на масштабные и сложные изменения, будь то рыночные тренды или изменение погодных условий.

В новой модели управления, основанной на данных, центральное место занимает искусственный интеллект, обладающий способностью анализировать большие массивы данных и выявлять взаимосвязи, недоступные для непосредственного восприятия человека. Концепция интеллектуального управления предопределяет трансформацию не только функциональных элементов системы, но и её структуры, логики последовательности действий и алгоритмов реакции на изменения. Поскольку искусственный интеллект по своей природе предполагает постоянную адаптацию, обновление и настройку под изменяющиеся условия, новая модель приобретает циклический характер, где итеративность становится ключевым ее признаком (рисунок 1.13).

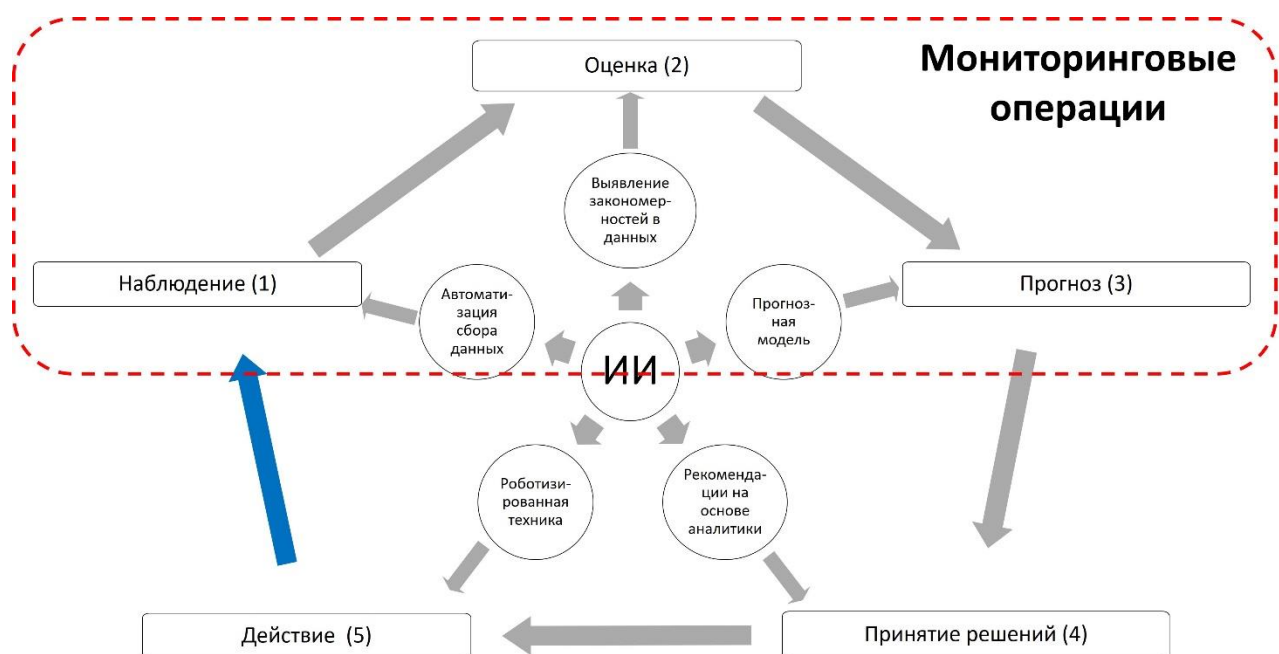


Рисунок 1.13 – Цикл модели интеллектуального управления производством зерна

Источник: разработано автором

Изменения, вызванные цифровизацией, затрагивают и коммуникацию между участниками производственно-сбытовой цепочки. Теперь обмен информацией может происходить автоматически, без посредничества человека, благодаря использованию цифровых платформ и алгоритмов, что создает условия для более прозрачного и эффективного взаимодействия, где каждый участник

получает доступ к актуальной информации и может быстрее реагировать на изменения.

Таким образом, цифровые технологии трансформируют систему управления от традиционной ручной модели к интеллектуальной, где на первый план выходит объективный анализ данных. Вместо того чтобы полагаться на субъективное мнение, производители зерна могут основываться на выводах, сформированных ИИ. В результате повышается точность, скорость и обоснованность принимаемых решений, что в конечном итоге усиливает конкурентоспособность и устойчивость бизнеса.

Важно отметить, что данные в систему управления проникают через ее нижний уровень, в основе которого лежит мониторинг, его функции составляют первые три шага цикла интеллектуальной модели. Важность и незаменимость мониторинга в зерновом секторе не вызывают сомнений и неоднократно подчеркивались многими экономистами за его возможность обеспечения релевантной информацией процесс принятия решений [105, 111]. Однако с развитием и проникновением в аграрную сферу цифровых технологий, и особенно технологий искусственного интеллекта, мониторинг становится не просто инструментом сбора данных, но и мощным аналитическим ресурсом, обеспечивающим возможность анализировать, прогнозировать и оптимизировать бизнес в режиме реального времени.

На рисунке 1.14 уточнен и формализован процесс производства зерна, структурированный в виде системы зависимых бизнес-процессов, начиная от предпосевной подготовки и заканчивая реализацией зерна. Системообразующим элементом этого процесса выступает мониторинг, декомпозированный на восемь специфических видов: предпосевной, посевной, послеуборочный, фитосанитарный, технико-технологический, экологический, рыночный, прослеживаемости зерна. В составе каждого из видов выделены специфические функции, выполнение которых обеспечивает непрерывное и всестороннее наблюдение за всеми этапами выполнения бизнес-процессов.

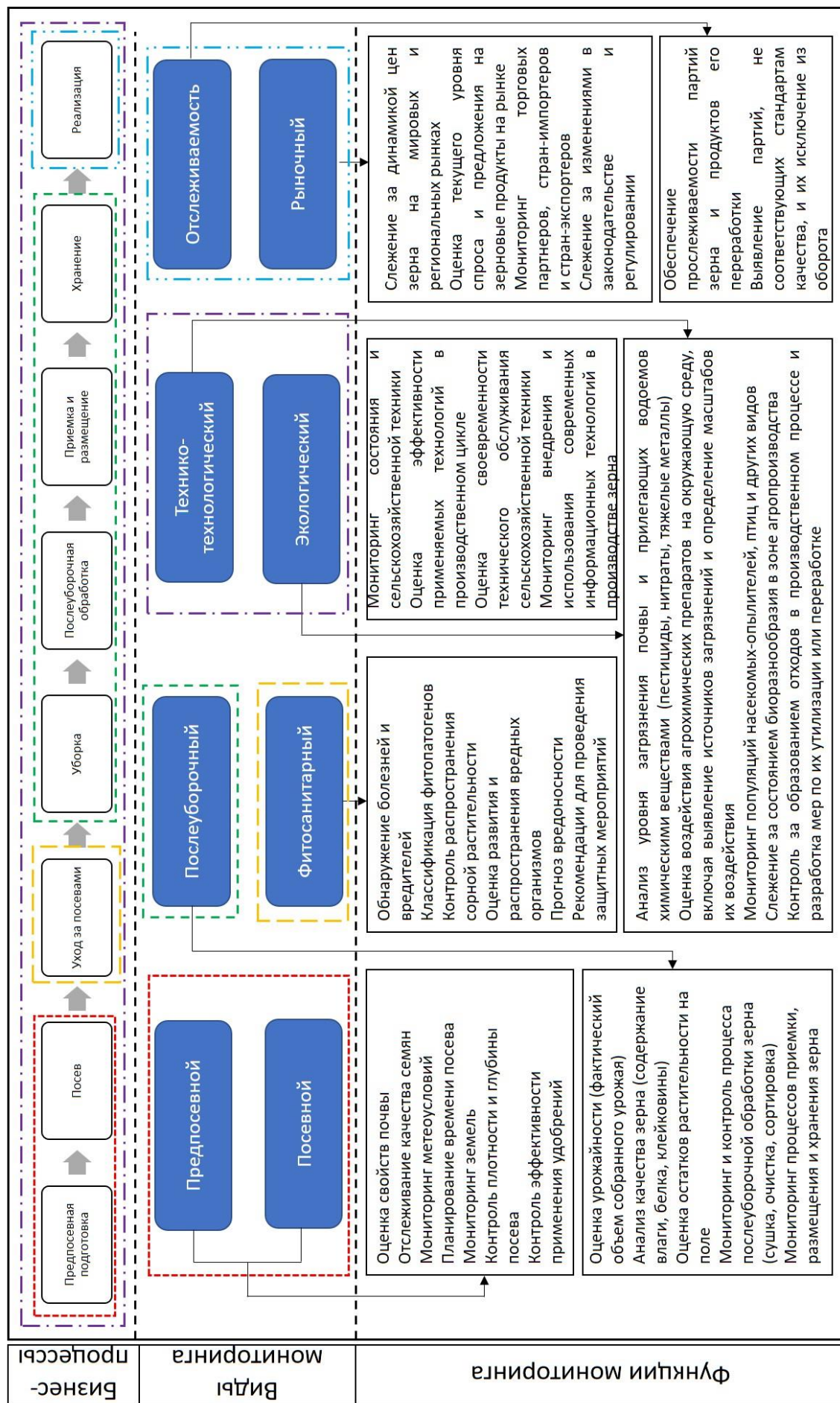


Рисунок 1.14 – Виды и функции цифрового мониторинга в системе бизнес-процессов зернового производства

Источник: разработано автором

Исходя из этого, можно констатировать, что мониторинг в системе производства зерна в условиях цифровой экономики становится важнейшим основным бизнес-процессом, стоящим над всей линейкой хозяйственных операций. Его основная задача –перманентный анализ состояния зернового производства на каждом его этапе, поиск проблем, определение возможностей повышения эффективности производства и роста производительности.

Предложенный подход к структуре производства объединяет в единую систему процессную модель производства с мониторинговой производственной подсистемой, подчеркивая, с одной стороны, необходимость выполнения наблюдения, оценки и контроля всех ключевых параметров бизнес-процессов, а с другой – важность интеграции современных цифровых технологий для повышения эффективности и прозрачности хозяйственной деятельности в зерновом секторе.

Таким образом, мониторинг выходит на передний план, превращаясь из вспомогательного инструмента менеджера в центральный элемент всей системы управления и главный бизнес-процесс производства зерна, обеспечивая ряд ключевых преимуществ, приведенных далее.

1. Автоматизированный сбор данных – базовая функция интеллектуального мониторинга в современном аграрном производстве, которая сегодня масштабируется благодаря применению широкого спектра цифровых технологий, включая датчики, спутники, БПЛА и другие устройства, позволяющие выполнять комплексный и многоуровневый анализ аграрных процессов. Такая интеграция технологий создает уникальную экосистему для непрерывного мониторинга, в рамках которой данные собираются автоматически, обрабатываются и анализируются с целью предоставления актуальной и точной информации о состоянии земель, урожае, климатических условиях и потенциальных рисках.

2. Интеллектуальный мониторинг в зерновом секторе открывает новые возможности для более обдуманного и оптимального использования ресурсов. Благодаря автоматизированному и систематическому сбору данных о параметрах

производства фермеры могут адаптировать агротехнические приемы, такие как полив, внесение удобрений и применение средств защиты растений, максимально точно и эффективно минимизируя при этом не только физические, но и экономические затраты.

3. *Совершенствование системы управления рисками* с помощью интеллектуального мониторинга в зерновом секторе позволяет минимизировать потенциальные угрозы и повысить устойчивость процесса производства зерна к высокой неопределенности факторов внешней среды. Используя актуальные данные о критических параметрах бизнес-процессов, можно не просто оперативно реагировать на текущие вызовы, но и прогнозировать возможные проблемы, а также разрабатывать эффективные стратегии их предотвращения.

4. Повышение прозрачности производственного процесса за счет цифрового мониторинга становится важным аспектом в зерновой отрасли, предоставляя всем участникам доступ к актуальной и объективной информации, укрепляя доверие между сторонами производства – от фермеров до конечных потребителей, которых все больше волнуют качество продукции и условия её производства. Цифровой мониторинг позволит установить соответствие продукции стандартам качества и экологическим требованиям, что особенно важно в условиях глобализации рынков.

5. Цифровой мониторинг в АПК как неотъемлемый элемент стратегии устойчивого развития направлен на минимизацию воздействия сельского хозяйства на окружающую среду. Благодаря точному и эффективному управлению ресурсами, включая воду и удобрения, а также сокращению использования химических средств защиты растений можно значительно снизить экологический след аграрного производства. Использование инструментов цифрового мониторинга позволит управлять плодородием почвы, предотвращать загрязнение водных источников, поддерживать биоразнообразие.

6. Интеллектуальный мониторинг, обладая способностью обрабатывать большие объемы данных в реальном времени, помогает управляемой системе эффективно адаптироваться к динамично меняющимся условиям внешней среды.

Кроме того, анализ данных о спросе, ценах и потребительских предпочтениях делает адаптацию к рыночным условиям и трендам более плавной и гибкой. Цифровой мониторинг предоставляет возможности для расширения рынков и корректировки ассортимента продукции на основе актуальной информации, что способствует повышению конкурентоспособности агробизнеса.

Среди характерных признаков новой цифровой системы мониторинга можно отметить несколько ключевых аспектов, которые отражают её инновационную сущность и функциональные возможности.

Самостоятельный уклад: мониторинг в цифровой системе преобразуется в отдельный бизнес-процесс, который играет глобальную роль в принятии решений на всех этапах производственного цикла. Его автономность заключается в наличии собственной структуры, функционала и методов реализации, поддерживаемых обеспечиваются цифровыми технологиями.

Имплементация интеллектуальных решений: реализация таких технологий, как искусственный интеллект, большие данные и интернет вещей, позволяет значительно повысить точность, оперативность и глубину мониторинга. ИИ-системы способны не только фиксировать текущие параметры бизнес-процессов, но и прогнозировать возможные риски, предоставляя производителям рекомендации, которые способствуют оптимальному распределению ресурсов и снижению производственных затрат.

Комплексный охват всех этапов производственной цепочки: если ранее мониторинг был вспомогательным подпроцессом, охватывающим лишь отдельные блоки производства, то сегодня цифровой мониторинг расширяет свои возможности и охватывает весь производственный цикл, начиная с подготовки полей и посева, включая контроль за состоянием растений, почвы и окружающей среды, и завершая послеуборочной обработкой, хранением и реализацией зерна.

Цифровая интеграция: с одной стороны, мониторинг выступает связующим звеном между участниками производственного процесса, что является важным шагом в формировании единой информационной среды, с другой – интегрирует

данные, полученные из различных источников и используемые для принятия управленческих решений в реальном времени.

На каждом этапе цикла интеллектуального управления зерновым производством ИИ-решения определяют новые горизонты хозяйственной деятельности, охватывая широкий спектр проблемно ориентированных возможностей.

На этапе наблюдения (первичный шаг мониторинга) в модели интеллектуального управления происходит комплексная и непрерывная регистрация ключевых показателей, характеризующих состояние объектов зернового производства. Датчики, сенсоры, а также спутниковые технологии фиксируют показатели состояния сельскохозяйственных объектов и информацию о состоянии параметров бизнес-процессов.

На основе собранных данных ИИ-алгоритмы оценивают ситуацию, проводят ее системный анализ, выявляют взаимосвязи, закономерности и потенциальные риски, что дает возможность перейти от простой фиксации данных к более глубокому пониманию производственной ситуации, выявить в данных тренды и паттерны, не очевидные для человека.

С помощью анализа данных и машинного обучения ИИ способен строить прогнозы, что позволяет бизнесу не просто реагировать на текущие события, но и стратегически планировать будущее. Прогнозирование становится инструментом для более гибкого и дальновидного управления, обеспечивая ценную информацию для оптимизации бизнес-процессов.

После завершения мониторинговых операций (наблюдение, оценка, прогноз) следует этап принятия решений, на котором ИИ интегрирует данные и прогнозы, полученные ранее, чтобы предложить как оперативные, так и стратегические варианты действий для оптимизации бизнес-процессов. Предложенные решения, основанные на анализе больших данных, предоставляют объективную информацию и помогают минимизировать риски, улучшая результативность каждого процесса. Оперативные решения позволяют бизнесу быстро адаптироваться к текущим условиям, например, перераспределяя ресурсы

или оптимизируя отдельные операции в ответ на изменения. Стратегические решения, в свою очередь, предполагают долгосрочное видение и помогают выстроить устойчивую модель развития, позволяя бизнесу оставаться гибким и конкурентоспособным.

На завершающем этапе происходит реализация принятых решений, в том числе с использованием автоматизированной техники — от дронов до роботизированных устройств, что повышает точность и производительность операций. При этом все данные о проведенных мероприятиях фиксируются и становятся основой для следующего цикла, поддерживая замкнутый процесс совершенствования.

Передовой технологией, обладающей огромным потенциалом для интеллектуализации задач мониторинга зернового сектора, является компьютерное зрение — класс решений, которые находят, отслеживают и классифицируют объекты, а также синтезируют видеоизображения [16, 35, 53, 245, 247]. Экспертные системы, опирающиеся на результаты моделей компьютерного зрения, способны антиципировать возможные сценарии развития агробизнеса, позволяя производителю адекватно и своевременно реагировать на возможные изменения. С помощью компьютерного зрения в зерновом секторе можно не просто усовершенствовать процесс принятия решений, а революционизировать его, влияя на мышление и психологию субъекта управления, заставляя переосмысливать традиционные методы земледелия, внося элементы точности, предиктивности, прозрачности и автоматизации практически в каждый аспект процесса производства зерна.

Выводы по разделу 1

1. Современная продовольственная система России вступает в новый этап своего технологического развития, что находит подтверждение в трех ключевых аспектах: в объективных статистических данных, фиксирующих рост показателей

инновационной активности отрасли; в теоретических исследованиях ведущих экономистов-аграрников, обосновывающих данную трансформацию; в появлении качественно новых бизнес-моделей, кардинально меняющих традиционные подходы к ведению сельского хозяйства. Наблюдается фундаментальная трансформация экономических закономерностей: традиционные законы развития индустриального общества уступают место новым принципам, формирующим парадигму цифровой экономики. Данный процесс носит всеобъемлющий характер, затрагивая все без исключения сферы экономической деятельности, что позволяет говорить не просто об отраслевых новациях, а о становлении качественно нового способа производства в АПК.

2. Происходит фундаментальное переосмысление роли человека в процессе принятия решений. ИИ берет на себя выполнение рутинных, алгоритмизируемых операций, что дает человеку возможность сосредоточиться на стратегических аспектах управления, опираясь на аналитику и знания, извлеченные из данных с помощью цифровых технологий. Эти изменения носят системный характер и затрагивают все уровни управленческой иерархии – от операционных сотрудников до топ-менеджмента, что свидетельствует о трансформации не только функциональных, но и когнитивных аспектов трудовой деятельности. Помимо традиционных факторов инновационного развития – технических, технологических, экономических и организационных, ключевое значение приобретают психолого-поведенческие изменения, обусловленные цифровизацией и интеллектуализацией бизнес-процессов. Указанные изменения можно классифицировать по степени воздействия на четыре группы: эволюционные (постепенные, естественные изменения), адаптивные (осознанные изменения в ответ на новые условия), революционные (радикальные сдвиги в мышлении и поведении) и трансформационные (глубокие, необратимые изменения в структуре деятельности и сознании).

3. Традиционные методы управления, опирающиеся на личный опыт, экспертные оценки и ограниченные данные, демонстрируют сегодня несостоятельность в условиях стремительного технологического развития и

экспоненциального роста объемов информации. Для эффективного функционирования зернового подкомплекса необходим переход к более совершенным и инновационным системам управления, обеспечивающим интеграцию информационных потоков с цифровыми технологиями. В исследовании предложена адаптивная модель управления зерновым производством, центральное место в которой занимает искусственный интеллект, обладающий способностью анализировать большие массивы данных и выявлять взаимосвязи не доступные для непосредственного восприятия человека. Концепция интеллектуального управления предопределяет трансформацию не только функциональных элементов системы, но и её структуры, логики последовательности действий и алгоритмов реакции на изменения. К характерным признакам адаптивной модели относятся: перераспределение когнитивных функций в процессе принятия решений, циклический характер выполнения действий, интеллектуальный мониторинг в основе модели, сочетающий в новой цифровой реальности инструменты наблюдения, сбора, анализа данных и являющийся стратегическим ресурсом повышения эффективности управленческой деятельности в зерновом секторе за счет автоматизированного сбора информации, алгоритмизации использования ресурсов, адаптивности управляемой системы и системы управления рисками к динамично меняющимся условиям экзогенных и эндогенных сред. В новой модели, основанной на данных, мониторинг приобретает ключевую роль, трансформируясь из вспомогательной функции в стратегически значимый процесс, стоящий над всей линейкой хозяйственных операций, создавая основу для непрерывного отслеживания параметров бизнес-процессов через обеспечение возможности оперативного реагирования и принятия обоснованных решений.

4. Для раскрытия потенциала цифровизации в зерновом секторе важно обеспечить доступность новых инструментов для широкого круга организаций и их работников, сделать технологии массовыми и доступными не только для крупного агробизнеса. Чтобы каждый товаропроизводитель имел возможность воспользоваться информационным сервисом или аналитическим прогнозом, в

зерновом секторе должно быть сформировано единое цифровое пространство, что обеспечит интероперабельность технологий, решение широкого круга задач и преодоление барьеров, с которыми сталкиваются участники отрасли в процессе цифровой трансформации бизнес-процессов, включая доступ к финансовым ресурсам, правовое сопровождение, сбор и обмен данными, своевременное оповещение об изменениях в законодательстве, обмен информацией с экспертным сообществом и др.

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

2.1 Цифровые мониторинговые системы в современных бизнес-процессах производства зерна

В данном исследовании исходим из того, что методология представляет собой тип рационально-рефлексивного сознания, направленный на изучение, совершенствование и конструирование методов [229]. В отличие от теории, концентрирующейся на изучении познавательной деятельности, методология акцентирует внимание на методах, с помощью которых можно установить объективное знание, ориентированное на практику. Традиционно выделяют критико-аналитическое и проектно-конструктивное направления методологии. Первое носит чисто исследовательский характер относительно мышления или типа деятельности, присущих конкретной научной дисциплине, второе направлено на содействие «представителю конкретной науки в развитии его предмета исследования» [156]. Этот подход конструирует исследовательскую программу в контексте проектного и программного мышления, позиционируя исследовательскую парадигму в форме константного единственного механизма [155], что позволяет сочетать непосредственное исследование с интеллектуальным проектированием. Данная сентенция является базовым посылом настоящего раздела диссертационной работы и служит основой для выработки методологии мониторинга зернового производства, под которой здесь и далее будем понимать комплексный подход к системе мер, принципов, способов организации, построения процесса наблюдения и контроля за состоянием объекта в зерновом секторе АПК, характеризующий завершенность цифровой трансформации аграрного сектора экономики по инновационной цепочке к интеллектуальным формам ведения хозяйственной деятельности.

Появление проблемы методологии мониторинга зернового производства связано с бурным развитием информационных технологий и их современного ядра – искусственного интеллекта. Ориентируясь на исследовательские программы И. Лакатоша [92], определим функцию конфигурирования исследовательского подхода в историко-эволюционном развитии формфактора мониторинга в системе АПК и его элементах, в частности производстве зерна.

Термин «мониторинг» вошел в научный оборот из англоязычной литературы и происходит от английского слова *monitor*, означающее наблюдение, надзирание, контроль. Расширенное использование данного термина началось в экологии после его появления в рекомендациях Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 г. для обозначения непрерывных наблюдений за одним или несколькими элементами окружающего мира [121]. Сегодня термин получил широкое распространение и активно используется как в научной литературе, так и в бизнес-деятельности для обозначения систематического, непрерывного процесса сбора информации, ее анализа и последующего использования для оценки состояния и изменений определенного объекта или процесса. Таким образом, главная цель мониторинга заключается в получении актуальной информации, которая может быть использована для принятия обоснованных решений, управления процессами, предотвращения или минимизации нежелательных изменений.

С 1990-х гг. наблюдается скачок в развитии методологии мониторинга в аграрном секторе. Этот период стал переломным в понимании необходимости комплексного подхода к управлению сельскохозяйственным производством, включая контроль за ресурсами, повышение осведомленности о протекающих в нем бизнес-процессах. В первую очередь мониторинг был сфокусирован на плодородии почв и уровне техногенного загрязнения, что было вызвано стремлением повысить качество и безопасность сельскохозяйственной продукции, а также предотвратить деградацию земель [30]. Эти задачи сохраняют высокую актуальность и сегодня, при этом сфера мониторинга значительно расширилась [59].

В период первых двух десятилетий XXI в. исследования в области мониторинга в аграрной сфере посвящались проблемам продовольственной, экономической, экологической безопасности [29, 88, 100, 218, 226], условий труда [90, 237], продовольственного рынка [33, 185], устойчивого развития региональных АПК и сельских территорий [56, 100, 112, 118, 121, 190], экономических отношений [206], экономической деятельности хозяйствующих субъектов [97].

Среди исследований последних пяти лет, посвященных организации инновационной системы мониторинга АПК и ее элементов, можно выделить работы [88, 105, 140, 218], в которых авторы показывают, как реализация цифровых инструментов наблюдения и контроля в сельском хозяйстве, их интеграция с цифровыми платформами позволяют значительно повысить качество управления аграрным сектором и экономическую эффективность его функционирования.

Несмотря на достаточно широкий охват научных работ, посвященных развитию системы мониторинга аграрной сферы, отметим, что в литературе отсутствуют систематические исследования организации системы цифрового мониторинга аграрных производств, важнейшим из которых является зерновое.

Развитие и внедрение систем цифрового наблюдения и контроля требуют системного, комплексного подхода, который охватывает технологические, экономические и социальные аспекты производственного процесса. Для выработки такого подхода необходимо в первую очередь оценить степень проникновения отдельных элементов цифрового мониторинга в зерновой сектор на различных уровнях управления: государственном (макро), региональном (мезо) и индивидуальном (микро). На каждом из указанных уровней мониторинг выполняет специфические функции и предполагает использование специализированных инструментов (таблица 2.1).

Мониторинг макроуровня является инструментом для сбора данных о состоянии зернового производства национального масштаба, предоставляя информацию для разработки стратегий, определения национальных стандартов и

регулирования отрасли. Ключевыми цифровыми технологиями агромониторинга макроуровня выступают технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), основанные на бесконтактном взаимодействии электромагнитного излучения с почвой или растительностью, и включают измерения отраженной или излучаемой радиации от сельскохозяйственных полей. Данные технологии подразделяются на наземные, авиационные и космические системы.

Таблица 2.1 – Уровни цифрового мониторинга зернового производства: функции и инструменты

Уровень мониторинга	Функции	Цифровые инструменты
Государственный (макро)	Формирование национальной стратегии и обеспечение продовольственной безопасности Мониторинг посевных площадей, урожайности и фитосанитарного состояния Разработка мер государственной поддержки и управление экспортными поставками Прогнозирование рисков, связанных с изменением климата, вспышками болезней и вредителей, нехваткой стратегических запасов зерна, колебаниями мировых цен, торговыми ограничениями и санкциями, деградацией земель и снижением плодородия почв	Государственные информационные системы (например, ФГИС «Зерно»), спутниковый мониторинг
Региональный (мезо)	Управление ресурсами с учетом почвенно-климатических особенностей региона Мониторинг и координация борьбы с болезнями и вредителями растений Анализ производственной эффективности, включая сбор и анализ данных по урожайности в разрезе районов Координация инновационной деятельности, оценка технологического уровня хозяйств и их потребности в инновациях	ДЗЗ, БПЛА, ГИС, базы данных и региональные информационные системы, аналитические платформы
Индивидуальный (микро)	Оперативный контроль за состоянием посевов; точное планирование и корректировка сроков внесения удобрений, химической защиты и полива Оптимизация обработки почвы и управления урожаем Сокращение затрат на средства защиты растений и удобрения за счет локального внесения Формирование персонализированных решений	Дроны, устройства IoT, фермерские приложения, системы точного земледелия

Источник: составлено автором на основе [89, 94, 96, 102, 181, 187]

В целях реализации мониторинга макро- и мезоуровня чаще остальных технологий дистанционного зондирования используются спутниковые методы, активное проникновение которых в процессы получения объективной информации об использовании и состоянии полей. По мнению ученых Института космических исследований РАН Е. А. Лупян, С. А. Барталева [102], это связано со следующими обстоятельствами:

1) повышением доступности (в 2025 г. российская орбитальная группировка ДЗЗ будет насчитывать 28 спутников) и качеством спутниковой информации (пространственное разрешение получаемых изображений улучшилось с 80 м до нескольких сантиметров);

2) стремительным развитием новых методов и технологий обработки спутниковых данных (картографированием зерновых культур, появлением современных методов оценки состояния сельскохозяйственных культур и земель);

3) появлением новых технологий и возможностей построения информационных систем дистанционного мониторинга (системы класса Созвездие-Вега);

4) сокращением периодичности получаемых снимков до 1 дня.

Например, спутниковый сервис анализа вегетации Вега-Pro обеспечивает распределение работы со спутниковыми данными и результатами их обработки для проведения постоянного мониторинга состояния посевов, открывая новые возможности для решения следующих задач мониторинга:

— сравнение состояния посевов в пространстве (например, на соседних полях, или на полях одного хозяйства, или на любых двух выбранных пользователем полях);

— анализ долговременных временных рядов различных параметров, интегрированных на отдельные объекты наблюдений (поля), земли, занятые зерновыми культурами в отдельных хозяйствах, районах и регионах;

— построение прогнозных оценок урожайности на уровне отдельных полей (при наличии у пользователей статистической информации об их урожайности);

– анализ временного хода различных вегетационных индексов, в том числе сравнение их со среднемноголетними нормами хода развития посевов как для отдельных полей, так и для районов их расположения.

Использование спутниковой информации для целей зернового хозяйства началось в Сибирском центре ФГБУ «НИЦ «Планета» в 2005 г. с расчётов прогноза урожайности яровой пшеницы, что послужило отправной точкой для проведения дальнейших исследований [178]. С 2012 г. по настоящее время выполняются наблюдения за состоянием посевов зерновых культур на юге Западной Сибири (в Новосибирской, Омской, Кемеровской областях и Алтайском крае). Результатом работы данного алгоритма служат карты оценки состояния посевов юга Западной Сибири, позволяющие оперативно получать процентное соотношение каждой из трех градаций с момента появления всходов на полях и до окончания вегетационного периода [187]. О. Б. Савицкой в работе [170] показана тесная корреляционная связь урожайности основных зерновых культур со спутниковой информацией сервиса Вега-Про и наземной агрометеорологической информацией по территории Северо-Кавказского, Приволжского и Центрально-Черноземного округов.

На результаты спутникового зондирования опираются в работе государственные информационные системы федерального и регионального уровней, выполняющие в числе прочих функции наблюдения и контроля за зерновым производством через организацию централизованного доступа к актуальным и точным данным для широкого круга пользователей – от правительственных органов до индивидуальных фермеров. Важнейшая из таких систем – Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (далее – ЕФИС ЗСН), которая предназначена для обеспечения авторизованных пользователей актуальными и достоверными сведениями о ЗСН, включая данные об их местоположении, почвенном плодородии, мелиорируемых землях, состоянии и индексах развития сельскохозяйственной растительности, пострадавшей от пожаров на сельскохозяйственных полях. Результаты государственного мониторинга земель

сельскохозяйственного назначения также подлежат включению в ЕФИС ЗСН [157].

Если на февраль 2023 г. в результате анализа данных архивных материалов, ДЗЗ, сопоставления региональных и федеральных информационных систем получены актуальные сведения о количественных характеристиках земель сельхозназначения, включая сельхозугодья, по Калининградской, Московской, Белгородской областям, Татарстану, Мордовии и Удмуртии (сведения о 12,2 млн га земель сельхозназначения, т. е. о 3,2 % от общей площади земель сельхозназначения РФ), то к началу 2024 г. данные для системы предоставили уже 32 субъекта, а общая площадь составила 77,7 млн га.

Наполнение информационной системы начинается с создания и актуализации контуров полей и предусматривается на сегодняшний день двумя основными способами: 1) напрямую, используя функционал ЕФИС ЗСН, и 2) через интеграцию с региональными государственными информационными системами. Так, в Краснодарском крае с помощью специального сервиса спутникового мониторинга специалисты управлений сельского хозяйства оцифровывают контуры полей, осуществляют привязку организации к полю, разносят севооборот на основе информации, предоставляемой сельскохозяйственным товаропроизводителем, который обрабатывает тот или иной земельный участок (рисунок 2.1). К регионам, имеющим положительный опыт мониторинга земель сельскохозяйственного назначения с созданием региональных информационных систем, помимо Краснодарского края относятся также Самарская область, Калужская область, Республика Мордовия, Волгоградская область, Ставропольский край.

В дальнейшем в рамках реализации статьи 17.1 Закона РФ № 4973-1 «О зерне» и утвержденных Правил ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения планируется интеграция системы ЕФИС ЗСН с системой ФГИС «Зерно», направленной на государственное регулирование движения зерна, производимого сельхозпредприятиями разных форм

собственности, начиная с момента сбора и заканчивая реализацией зерна на внутреннем и мировом рынках [161, 196].

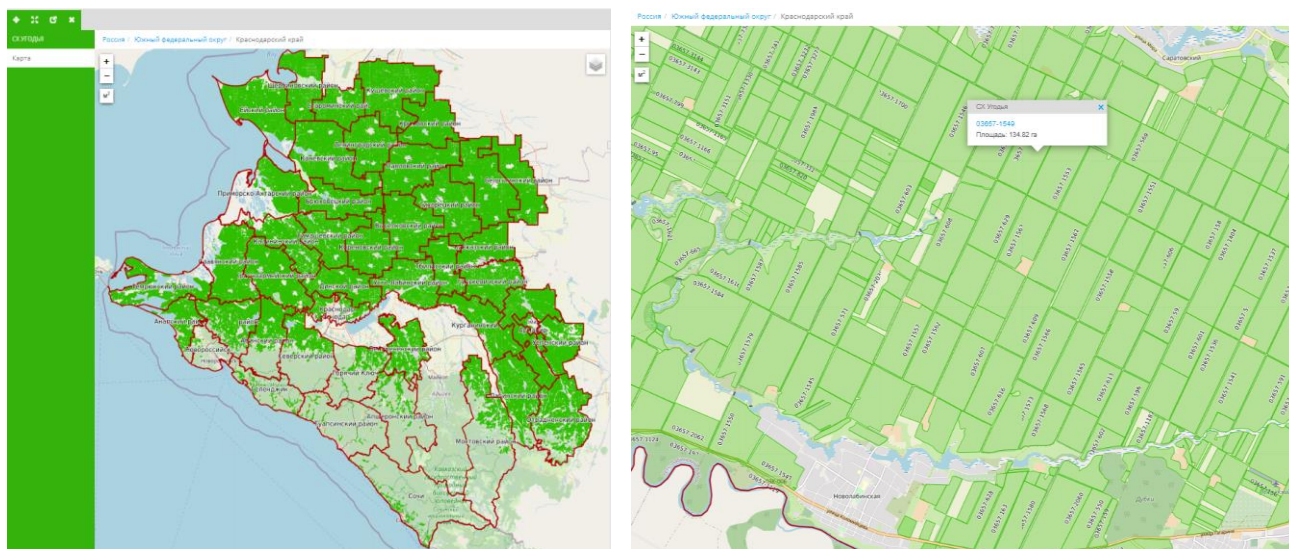


Рисунок 2.1 –Цифровая карта сельскохозяйственных угодий Краснодарского края и фрагмент оцифрованных полей Усть-Лабинского района Краснодарского края

Источник: Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр. URL: <http://www.kaicc.ru/content/ocifrovka-poley-rgis-mapskrasnodarru>

Информация из базы данных региональных сервисов выгружается в ЕФИС ЗСН, откуда попадает в ФГИС «Зерно», в результате чего формируется цифровая цепочка этапов мониторинга перемещения партий зерна внутри страны, начиная от поля до конечного потребителя, а также партий, ввозимых и вывозимых с территории РФ. Данная интеграция обеспечит сквозной учет данных, связанных с выращиванием, перемещением, переработкой и реализацией зерновых культур, повысив прозрачность и достоверность информации о движении зернопотоков, что особенно важно для эффективного мониторинга качества продукции и соблюдения стандартов на всех этапах её обращения.

К важнейшим задачам современного земледелия и зернового производства относятся сохранение и воспроизводство плодородия почвы, реализация ее

потенциальной продуктивности, которая становится особенно актуальной на фоне глобальных вызовов, таких как изменение климата, увеличение населения планеты и повышение потребности в продовольственной безопасности. Усредненный показатель доли деградированных земель России, рассчитанный на основе трех субиндексов (динамики наземного покрова, динамики продуктивности земель, динамики запасов органического углерода почв) по принципу полного охвата, составляет 12,3 %. При этом доля деградированных земель подвержена значительной вариации: от максимальных значений в Ростовской (66,9 %), Волгоградской (62,5 %) областях и в Краснодарском крае (50,9 %) и до менее 1 % в Амурской, Калужской и Ивановской областях [14]. Так, среднегодовые потери запасов гумуса в Краснодарском крае приблизились к 5 млн т, или около 1,2 т/га [231].

Данная статистика подчёркивает острую необходимость в реализации мер по предотвращению деградации почв и поддержке их плодородия, первая из которых – проведение своевременной диагностики пространственно-временных параметров природно-антропогенных условий и процессов, включая мониторинг состояния почв [194]. С помощью мониторинга можно выявить недостаток питательных элементов, необходимых для растений, составить детализированный прогноз и разработать эффективные меры для предупреждения нежелательных почвенных изменений, обеспечивая при этом оптимальное применение средств агрохимии. В связи с этим всё более актуальными становятся разработка и использование цифровых технологий для мониторинга плодородия почв (до 60 %), позволяющих повысить скорость и точность диагностических операций и имеющих высокий потенциал для снижения затрат на мониторинговые операции [95, 194].

К передовым цифровым решениям для агрохимического мониторинга относятся геоинформационные системы (ГИС), которые в совокупности с базами данных о почвенном составе, питательных элементах, метеорологических условиях, исторических данных о севообороте позволяют выполнять точное картографирование почв, проводить оценку их плодородия, а также разрабатывать

меры по улучшению качества почв, способствуя эффективному управлению агроэкосистемами. Цифровые базы данных о почвах и их цифровое картографирование являются краеугольным камнем в управлении информацией о состоянии почвенного покрова. Данный инструмент не только упрощает и удешевляет процесс мониторинга, играя важную роль в противодействии опустыниванию и остановке процессов почвенной деградации, но и позволяет использовать технологии точного земледелия на уровне отдельных хозяйств. Так, дифференцированная обработка почвы стала возможна в двухэтапном технологическом варианте с использованием данных цифровых почвенных карт, содержащих информацию о ее текстуре, содержании гумуса, гидроморфности, электропроводности, используемую для подготовки технологических карт-заданий, загружаемых в бортовой компьютер агрегата для обработки почвы [197].

Ярким примером существующей на сегодняшний день в России базы данных о почвах является «Почвенно-географическая база данных», поддерживаемая почвенным институтом имени В. В. Докучаева и почвенным дата-центром МГУ имени М. В. Ломоносова, координирующим работы по цифровой инвентаризации первичной почвенной информации, накопленной научными учреждениями, региональными центрами агрохимической службы страны, а также другими организациями, которые осуществляют мониторинг и наполнение баз актуальных и архивных данных, обработку и обмен почвенными данными, а также алгоритмизацию их использования. Появление данной базы – значимый шаг в направлении цифровизации и интеграции мониторинга почвенного покрова на территории России.

В свою очередь материалы, характеризующие почвы и почвенный покров страны, включая мониторинг изменения плодородия почв и факторов их определяющих, формируют основу для оценки пригодности земель под угодья и зерновые культуры [154] (рисунок 2.2). Анализ такой информации помогает ученым и специалистам по управлению земельными ресурсами в разработке стратегии для повышения эффективности зернового производства, и определения регионов и их частей, в которых необходимо перепрофилировать производство

сельскохозяйственных культур на более рентабельные, а также совершенствовать формы хозяйствования.

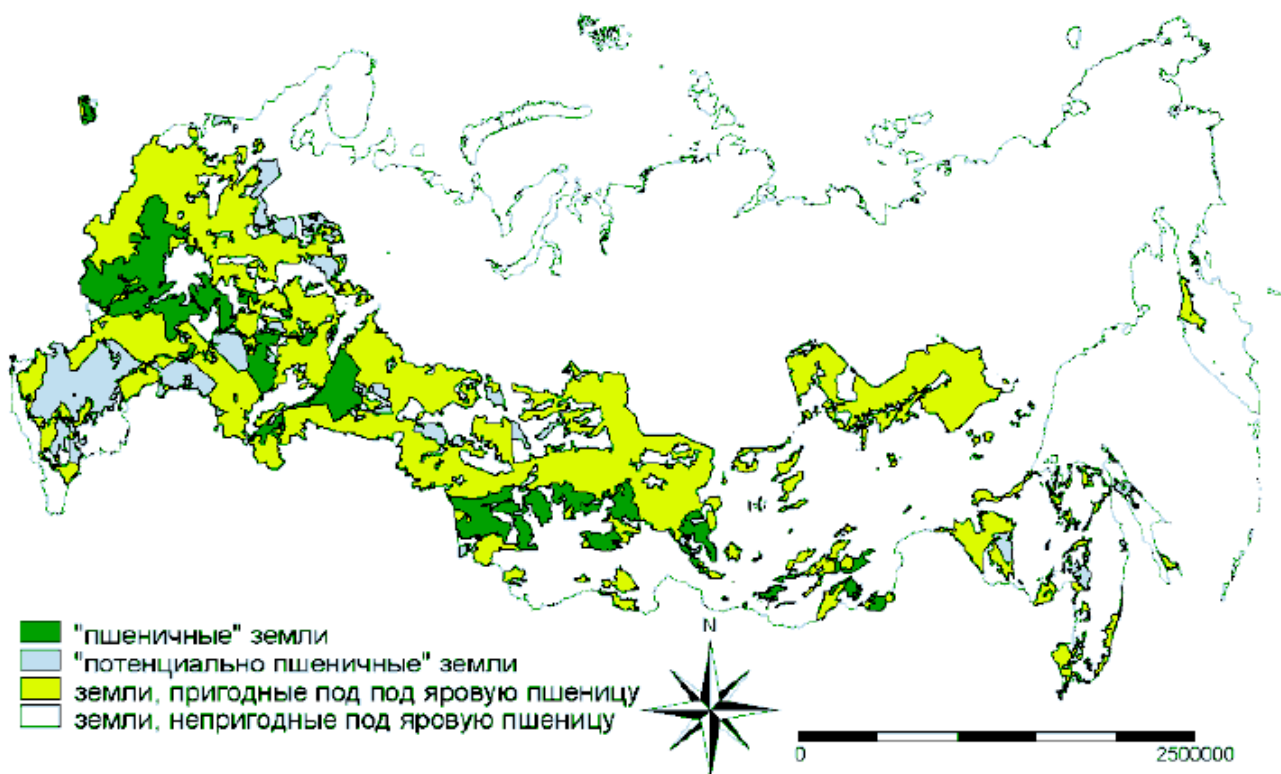


Рисунок 2.2 – Оценка пригодности земель для яровой пшеницы

Источник: Почвенный институт имени В. В. Докучаева

Переходя к рассмотрению систем цифрового мониторинга на региональном уровне следует отметить, что для эффективного функционирования такие системы должны быть динамичными, гибкими и легко приспосабливаться к потребностям общества и конъюнктуре рынка [56]. Среди функционирующих сегодня цифровых мониторинговых систем регионального уровня, поддерживающих процессы наблюдения и контроля за производством зерна, можно выделить: эколого-токсикологический и агрохимический мониторинг в Брянской области, агроэкологическое районирование земель в Ростовской области, мониторинг земель сельскохозяйственного назначения на территории Саратовского Поволжья, плодородия почв в Белгородской области, обеспеченности земель сельскохозяйственного назначения водными ресурсами на юге европейской части РФ, агрофизических и агрохимических показателей почв Республики Башкортостан (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Системы цифрового мониторинга аграрного (зернового) производства регионального уровня

Организация	Используемая технология/инструмент	Внедрение	Вид мониторинга	Полученные результаты/выгоды
ФГУП «Брянскагрохимрадиология»	ГИС ArcGis, GPS-технологии, БПЛА	Большая часть полей Брянской области	Агрохимический эколого-токсикологический мониторинг	Оцифровка полей Брянской области, создание электронных карт-схемы в разрезе обследованных хозяйств, совершенствование агрохимического мониторинга
Государственный центр агрохимической службы «Ростовский» и др.	ГИС Ростовской области	Агроэкологическое районирование ЗСН для территории 28 сельских поселений Ростовской области	Агроэкологическое районирование земель	Разработка схем рационального использования и охраны почв
ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»	ГИС, беспилотные технологии	Территория Саратовского Поволжья	Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения	Повышение эффективности использования земельных ресурсов
ФГБУ «ЦАС «Белгородский» и др.	ГИС «Агроэколог Онлайн»	Территория Белгородской области	Мониторинг плодородия почв	Оперативный учёт выполнения агромероприятий, инструмент контроля ситуации на участках для региональных и федеральных органов управления
ФГБНУ ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова	Геоинформационные технологии с использованием ДЗЗ	Юг европейской части РФ	Районирование по обеспеченности водными ресурсами	Таксономическая схема районирования зоны недостаточного увлажнения европейской части РФ; определение возможности получения дополнительных объемов вод
ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ»	Аэрокосмические технологии	Республика Башкортостан	Мониторинг агрофизических и агрохимических показателей почв	Обоснованная система удобрений и мероприятий по повышению почвенного плодородия, улучшению роста и развития культур

Источник: составлено автором

Мониторинг на федеральном и региональном уровнях играет важную роль в обеспечении надзора и контроля за общим процессом производства зерна в Российской Федерации. Он нацелен на решение высокоуровневых стратегических задач, таких как анализ объемов производства зерна и его потребительских свойств, обеспечение прослеживаемости партий зерна и продуктов его переработки, оценка пригодности и плодородия почв для возделывания зерновых культур, планирование и оптимизация посевных площадей под зерновые с учетом потенциальной продуктивности земель. Данные действия важны для формирования общенациональной аграрной политики, обеспечения продовольственной безопасности страны и поддержания устойчивого развития зернового сектора.

Несмотря на значимость цифрового мониторинга на макро- и мезоуровнях для государственного управления и стратегического планирования, агробизнесу сегодня необходим оперативный контроль за производственными процессами на уровне отдельных хозяйств, т. е. на микроуровне. Ведение такого мониторинга позволяет сельскохозяйственному производителю в режиме реального времени получать точную и своевременную информацию о критически важных аспектах своей деятельности, включая данные о погодных условиях, состоянии почв, фитосанитарной ситуации, техническом обеспечении, сортовом составе и других факторах, специфичных для каждого конкретного хозяйства. Цифровой мониторинг на микроуровне подпитывает систему управления данными, которые поддерживают принятие решений, учитывая уникальные условия и особенности конкретной организации.

Для анализа проникновения цифровых технологий в различные виды мониторинга на уровне отдельных сельскохозяйственных производителей и их использования ограничим границы производства зерна, разделив его бизнес-процессы на три группы:

- 1) предпосевная подготовка, включая подпроцессы: подготовка почвы под культуру, лущение стерни, вспашка или безотвальная обработка и

предпосевная обработка: боронование, шлейфование, культивация, дискование, прикатывание); подготовка зерна под семенные цели или закупка семян;

2) протравливание семян, посев, работы по уходу за растениями (внесение удобрений, средств защиты от болезней, вредителей и сорной растительности и т.д.);

3) уборка и все механические процессы с зерном в поле.

Будем считать, что с момента, когда зерно попало в бункер комбайна, зерновое производство является оконченным. Все дальнейшие процессы, в том числе подготовку зерна (доочистку, досушку и др.), транспортные операции, приемку и размещение, хранение, реализацию, мы исключаем из процесса производства. Такой подход к определению границ производства позволяет четко ограничить сферу исследования и сосредоточиться на ключевых аспектах, связанных непосредственно с возделыванием зерновых культур, исключая из рассмотрения постпроизводственные операции.

На каждом из приведенных этапов анализируем возможности использования цифрового мониторинга. На этапе предпосевной обработки почв выполняется мониторинг и контроль качества этого процесса, который в рамках технологий умного земледелия может выполняться непосредственно в процессе дифференцированной обработки почв. Например, система *TruSet Tillage Technology*, разработанная компанией *John Deere* (США), позволяет проводить мониторинг качества почвы непосредственно во время работы машины, обеспечивая сбор данных в режиме реального времени, анализируя ключевые показатели состояния почвы, такие как плотность, глубина обработки и влажность. Компания *Geoprospectors* (Австрия) предложила сканер, устанавливаемый впереди трактора, который бесконтактным способом, на основе принципа электромагнитной индукции измеряет электропроводность почвы (до глубины в 1,1 м) [195]. Сканер также позволяет в режиме реального времени строить цифровые карты поля и управлять через приложение *ISOBUS* почвообрабатывающей машиной, подключенной к трактору.

Использование высококачественных спутниковых данных, таких как *Landsat 8* и *Sentinel-1*, а также дронов, оснащённых системами технического зрения для получения мультиспектральных и гиперспектральных данных, предоставляет мощные инструменты для мониторинга качества обработки почв в зерновом секторе, например, анализа пожнивных остатков на зерновом поле [259, 287].

Широкие возможности предлагают цифровые технологии для выделенного нами второго блока процесса производства зерна. Большую роль в мониторинге зернового поля здесь играют беспилотные летательные аппараты и системы. Если спутниковая съемка позволяет увидеть проблемные места поля в целом и определить их координаты, то современные беспилотные аппараты могут детализировать съемку со сверхвысоким разрешением и за одну съемку покрыть площадь более 100 га.

Мониторинг полей с помощью БПЛА представляет собой мощный инструмент для выявления и устранения проблем в агротехнических процессах. На этапе всходов БПЛА позволяют отслеживать ростки зерновых культур, выявляя проблемные участки поля и снимают материалы для составления цифровых карт густоты всходов. В ситуации, когда идет активное размножение и расселение грызунов, можно использовать БПЛА для современного принятия решения по обработке и определения численности мышевидных грызунов в течение одного дня (рисунок 2.3).

БПЛА помогают обнаружить ошибки в процессе посева, такие как чрезмерное засеивание в определённых местах, например, когда сеялка не отключает высевающие аппараты при развороте [200]. Современные дроны, оснащённые мультиспектральными и гиперспектральными камерами, анализируют растения в различных спектральных диапазонах, определяя их физиологическое состояние, что дает возможность определить потребность зерновых культур в питательных веществах и средствах защиты. На основе полученных данных составляется план внесения агрохимикатов или электронная карта-задание для дифференциального внесения [224].



Рисунок 2.3 – Участок поля озимой пшеницы с колониями мышевидных грызунов по предшественнику кукуруза на зерно (фото с БПЛА Phantom 4 фирмы DJI)

Источник: данные публикации [200]

На фазе созревания культур дроны используются для создания цифровых карт с ключевыми показателями, такими как листовой индекс, густота стеблей, биомасса, содержание хлорофилла и потенциальная урожайность, что помогает оптимизировать процесс уборки урожая.

Цифровые технологии находят применение в системе мониторинга процесса уборки (3-й блок) по трем основным направлениям.

1. Мониторинг погодных условий с помощью цифровых решений, таких как сервисы погоды или собственная метеостанция, является важным этапом в определении оптимального времени уборки и включает в себя отслеживание температуры, осадков, влажности воздуха и скорости ветра [264, 289]. Осадки и высокая влажность могут значительно затруднить уборку и повлиять на качество зерна, увеличивая риск развития патогенов и гнили. В то же время, слишком сухие

условия могут увеличить потери зерна из-за обламывания стеблей и рассыпания зерен.

2. Мониторинг сельскохозяйственной техники через системы глобального навигационного позиционирования (ГЛОНАСС, GPS) позволяют агропредприятиям повысить эффективность использования машин и оборудования, сократить расходы на топливо и обеспечить точное выполнение уборочных мероприятий [13].

3. Мониторинг качества зерна через встроенные в уборочные агрегаты сенсоры и портативные анализаторы способны оценить качество зерна уже в процессе уборки, измеряя показатели влажности, зараженности вредителями, раскладку по белкам и другие важные характеристики [240]. Полученные данные используются для своевременной оценки качества урожая и принятия решений о его дальнейшем использовании.

Приведенный обзор цифровых мониторинговых систем, применяемых в зерновом секторе России, был бы неполным без упоминания передовых отечественных сервисов, многие из которых предлагают аграриям комплексные решения, направленные на повышение эффективности управления агробизнесом, включая услуги мониторингового характера (таблица 2.3). Перечисленные информационные продукты охватывают различные аспекты сельскохозяйственного производства, однако основные направления, в которых активно развиваются отечественные цифровые сервисы, – мониторинг состояния посевов, контроль за перемещением техники и транспортных средств, а также агроэкологический мониторинг.

Несмотря на преимущества цифрового мониторинга для производителей зерна, необходимо констатировать, что проникновение таких систем в агробизнес происходит крайне неравномерно. В крупных аграрных регионах, где сельское хозяйство является ключевой отраслью экономики, внедрение цифровых технологий идет более активно.

Таблица 2.3 – Цифровые отечественные сервисы выполняющие функции мониторинга для аграрного производства

Организация	Используемая технология/инструмент	Внедрение	Вид мониторинга	Полученные результаты/выгоды
ЗАО КБ «Панорама»	ГИС	Свыше 99 тыс. зарегистрированных пользователей ГИС «Панорама»	Мониторинг состояния полей и посевов, ведение базы сведений об автотранспорте, ведение базы почвенного плодородия, агротехнологическое планирование земледелия и др.	Автоматизация процессов управления земледелием
ООО ГЛО-НАССSoft	Технологии спутникового мониторинга	Более 15 000 пользователей	Мониторинг транспорта	Мониторинг местоположения транспорта в режиме реального времени с любого устройства, имеющего доступ к сети Интернет; контроль расхода топлива, объём, время, место сливов и заправок
ООО «Инфобис»	Цифровая платформа управления агробизнесом АгроСигнал	Более 300 предприятий из 24 регионов России (~6 % от общего объема российских сельхозугодий)	Комплексная система для мониторинга и управления агротехническими процессами	Повышение урожайности и оптимизация затрат, снижение риска убытков от непредвиденных погодных условий, экономия ресурсов и сокращение воздействия на окружающую среду за счет рационального использования удобрений и средств защиты растений
АО «Геомир»	Облачный сервис «История поля»	Более 500 предприятий АПК России с общим земельным банком свыше 12 млн га	Система дистанционного мониторинга и контроля сельскохозяйственных угодий	Оперативный мониторинг состояния посевных площадей, планирование сельскохозяйственных операций, контроль техники, работающей на полях
SmartAgro	Цифровая платформа Агроаналитика	70 предприятий в России 2,5 млн га пашни	Мониторинг состояния полей в режиме реального времени, планирование с/х операции	Полная автоматизация, планирование, контроль за выполнением и анализ результатов полевых работ

Продолжение таблицы 2.3

Организация	Используемая технология/инструмент	Внедрение	Вид мониторинга	Полученные результаты/выгоды
ООО «Агроноут»	Технологии точного земледелия	Подготовлены карты задания на площади более 300 000 га	Агроэкологический мониторинг земель, составление карт внутри-полевой неоднородности по данным ретроспективного мониторинга, составление карт заданий на дифференцированное внесение удобрений	Повышение эффективности производства, экономия времени и ресурсов благодаря автоматизации рутинных операций и сокращению ручного труда
ООО «Агромон»	Цифровая система для эффективного растениеводства АгроМон	Нет информации	Мониторинг состояния посевов по фотографиям GPS-мониторинг техники Спутниковый мониторинг	Определение очагов застарения сорняками, развития болезней и вредителей, промеров, ошибок в подготовке почвы, внесении удобрений и средства защиты растений. Повышение эффективности всего цикла выращивания сельхозкультур
АО «ТерраТех»	Спутниковые данные и пространственная аналитика на основе ИИ	Нет информации	Спутниковый мониторинг	Планирование полевых работ, слежение за состоянием угодий, отбор наиболее продуктивных участков, определение признаков деградации земель
ООО «Центр Программ Систем»	ГИС на платформе 1С	Нет информации	Мониторинг транспорта и земель	Автоматизация учета, контроль перемещения техники, анализ земельных ресурсов
ООО «СНАВИ»	GPS и ГЛОНАСС, система спутникового мониторинга и контроля АвтоГРАФ	Нет информации	Контроль и мониторинг транспорта и оборудования, учет технического состояния сельскохозяйственных машин	Мониторинг работы и поиск машин в режиме реального времени; мониторинг показаний приборов машин (расход топлива, скорость, уровень топлива, время в движении и время в работе); анализ обработанной площади

Источник: составлено автором

В то же время в отдаленных или менее развитых районах доступ производителей зерна к новейшим технологиям и квалифицированным кадрам остается ограниченным, что создает разрыв между уровнями цифровизации мониторинга на различных территориях, который усугубляется различиями в уровне инфраструктурной и финансовой обеспеченности.

В целом на более высоких (макро- и мезо-) уровнях цифровой мониторинг развивается более системно и комплексно, что связано с наличием большего количества ресурсов для реализации крупных проектов и инициатив, направленных на цифровизацию всего аграрного сектора. В то же время на уровне отдельных товаропроизводителей цифровизация остаётся нерешенной задачей, сложность которой обусловлена не только ограниченными финансовыми возможностями, но и нехваткой технических знаний, а также недостаточным опытом в использовании современных цифровых систем.

В результате отсутствия комплексного подхода к организации цифрового мониторинга производства зерна появляется множество не связанных друг с другом изолированных цифровых решений. Возникающая фрагментация информационных потоков препятствует эффективному использованию данных, поскольку аграрии вынуждены работать с различными инструментами и платформами, которые не могут обмениваться информацией между собой. В конечном итоге такая ситуация ограничивает возможности для оптимизации бизнес-процессов, нивелируя значительную часть экономического эффекта от внедрения и использования цифровых мониторинговых систем, поскольку без интеграции и синхронизации всех компонентов мониторинговой системы даже самые современные и эффективные инструменты не в состоянии полностью раскрыть свой потенциал и принести ожидаемую отдачу.

Стратегия цифровизации зернового производства, на наш взгляд, должна основываться на учете региональных различий в удельном весе зерновых культур в структуре посевных площадей. Как следует из данных таблицы 2.4, регионы демонстрируют значительные различия и по доле зерновых в структуре посевов, и по их вкладу в общий объем производства зерна.

В регионах с низкой долей зерновых культур (до 30 %) их совокупный вклад в общий валовой сбор, как правило, не превышает 2 %. Для таких территорий целесообразно применять менее ресурсоемкие методы мониторинга, сосредоточенные на анализе фитосанитарной обстановки и оценке состояния посевов на основе визуального наблюдения и параметров роста растений с использованием преимущественно наземных технологий сбора данных.

Таблица 2.4 – Группировка регионов по удельному весу зернового клина в общей посевной площади сельскохозяйственных культур в 2019–2023 гг.

Группы регионов по удельному весу зерновых в структуре посевных площадей, %	Число регионов в группе	Удельный вес			Урожайность зерновых культур, т/га
		зерновых культур в общей посевной площади, %	группы		
			в посевах зерновых культур, %	в валовом сборе зерновых культур, %	
До 10,0	15	4,7	0,1	0,4	9,5
От 10,1 до 20,0	6	17,2	0,7	0,7	24,1
От 20,1 до 30,0	7	25,4	1,0	0,6	25,6
От 30,1 до 40,0	10	35,6	3,5	2,5	22,4
От 40,1 до 50,0	5	46,4	3,3	5,2	42,1
От 50,1 до 60,0	14	55,8	25,1	28,0	32,9
От 60,1 до 70,0	17	64,0	45,5	40,2	27,6
Свыше 70,0	10	75,9	20,8	22,4	35,8
Итого	84		100	100	

В регионах со средним удельным весом зерновых (от 30 до 50 %) важно иметь оперативно обновляемую информацию (в том числе с использованием летательных аппаратов) о динамике развития растений для выявления значимых отклонений сезонного развития посевов, включая деструктивное воздействие погодно-климатических условий, вредителей и болезней по типам культур и базовым метеорологическим показателям.

Регионы с удельным весом зерновых свыше 50 % обеспечивают более 90 % валового сбора зерна, что требует более глубокого и частого, т.е. полного мониторинга с использованием методов дистанционного зондирования, в том числе: прогнозирования урожайности, всхожести семян, состояния и развития посевов на различных стадиях вегетации, потребности во внесении удобрений,

фактов негативного антропогенного, техногенного природного воздействия, полей, имеющих отклонения от норм развития, потребительских свойств зерна и пр.

2.2 Проблемные аспекты интеллектуализации мониторинга производства зерна

Разработка методологии цифрового мониторинга, ориентированной на системный порядок действий субъектов, участвующих в бизнес-процессе производства зерна, требует изучения и оценки барьеров внедрения и использования искусственного интеллекта на разных уровнях принятия решений. Для этого рассмотрим методический подход к интеллектуализации системы мониторинга, начиная с оценки потребностей в мониторинге и заканчивая его использованием в производственном цикле (рисунок 2.4).

На начальных этапах цифровизации ставится задача всестороннего анализа потребностей, которая является основополагающей для построения эффективной системы мониторинга. Важность данного шага обусловлена необходимостью определения ключевых зон для наблюдения и контроля будущей интеллектуальной системы, т. е. выявления агрономических и производственных аспектов, требующих внимания. В рамках данного блока проводится анализ текущего состояния зернового производства, оцениваются существующие вызовы и проблемы, определяются возможности для совершенствования бизнес-процессов с помощью технологий мониторинга.

Критической компонентой организации проекта выступает сбор данных – сложный и дорогой этап подготовки ИИ-решения, от организации которого зависит успешное функционирование и эффективность всего проекта. Несмотря на широкий охват научных работ, и цифровых инструментов, большинство из них

опирается на использование общедоступных, открытых наборов данных, таких как *Plant Village*.

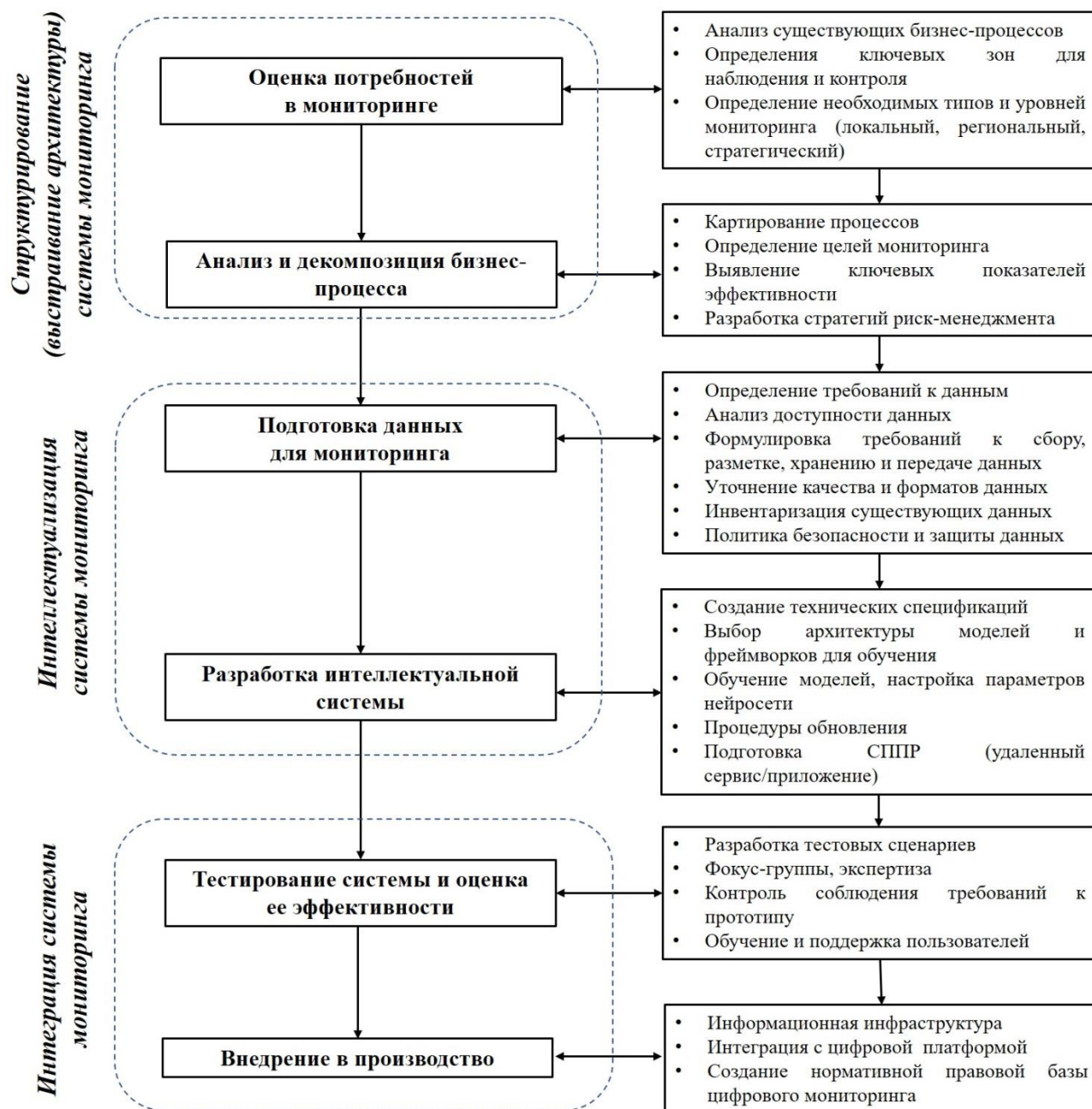


Рисунок 2.4 – Методический подход к интеллектуализации системы мониторинга зернового производства

Источник: составлено автором

Использование открытых баз, несмотря на свою простоту, имеет несколько недостатков. Наборы из открытых источников очень специфичны как в части культур, так и их болезней, обладают низким уровнем изменчивости, поскольку

чаще всего привязаны к какой-то конкретной географической местности, расположенной почти всегда за пределами Российской Федерации. Такие наборы редко отвечают требованиями репрезентативности, могут быть неполными, неточными и содержать ошибки, так как чаще всего регистрируются под конкретную задачу со свойственными только для нее техническими условиями без участия специалистов по защите растений. В результате наивно ожидать, что настроенные по таким выборкам информационные системы будут обладать высокой обобщающей способностью и горизонтальной масштабируемостью. По этим причинам использование открытых источников может прекрасно подходить для подтверждения концепции интеллектуализации, но оказывается непригодным для окончательного ИТ-решения и его успешного внедрения в производственный процесс.

Только организовав процесс управления непрерывной доставки данных в хранилища и их подготовки для дальнейшего анализа, можно обеспечить актуальность и качество извлекаемой из них информации и знаний. Целесообразно дифференцировать систему сбора и обработки данных по уровням, что обеспечит их использование в разных звеньях управления, адаптируя аналитику и принятие решений наиболее релевантным и точным образом.

На самом нижнем уровне данные поступают и собираются от отдельных сельскохозяйственных производителей, которые предоставляют информацию о состоянии выращиваемых растений и наличии болезней и вредителей. Здесь важно обеспечить кооперацию с экспертными организациями, способными верифицировать точность оценок, представленных производителями. Данные, полученные с нижнего уровня агрегируются в региональной базе, для которой профильные организации (НИИ, учебные хозяйства аграрных вузов, региональные центры фитосанитарного надзора, исследовательские подразделения крупных агрохолдингов) формируют выборки для диагностики болезней и вредителей, характерных для данной географической области. На верхнем (федеральном) уровне фокусируется информация из регионов, в результате чего происходит наполнение национальной базы болезней и

вредителей, обеспечивая высокую масштабируемость и адаптируемость проектируемых интеллектуальных систем к различным условиям и изменениям. Полагаем, что такая организация будет способствовать как горизонтальной, пространственной масштабируемости, гарантируя состоятельность диагностики в различных регионах страны, так и вертикальной, в результате которой будет выполняться распознавание и классификация всех зафиксированных на более низких уровнях болезней и вредителей.

Процесс мониторинга включает множество разнообразных задач, под каждую из которых данные должны быть структурированы и представлены специальным способом, что приводит к разнообразию представлений, форматов и типов данных, необходимых для эффективного анализа и решения. Для обеспечения прозрачности и последовательности действий в их подготовке важны разработка и строгое соблюдение методик и регламентов, которые служат руководством для сбора, обработки и представления данных, определяя точные шаги, критерии и стандарты для каждого этапа. Например, методика сбора данных о состоянии растений позволяет определить, какие параметры растений следует фиксировать, с какой периодичностью и в каком формате. Регламенты проверки качества данных могут включать стандарты для их верификации экспертами. Прозрачность и согласованность методик и регламентов унифицирует подходы к подготовке данных, устраняя непонимание и дублирование усилий, обеспечивая их непротиворечивость, что служит основой для точной диагностики и анализа. Строгое следование методикам и регламентам создает надежный и структурированный фундамент для успешной реализации интеллектуальных систем диагностики в зерновом производстве.

Важное условие организации нейросетевого мониторинга – обучение моделей искусственного интеллекта, т. е. настройка их параметров и коэффициентов по выборкам таким образом, чтобы минимизировать диагностические ошибки. Компьютерное зрение – динамично развивающаяся отрасль, представляющая широкий арсенал сверточных архитектур, которые демонстрируют высокие результаты в задачах детекции и классификации. В

настоящее время существуют десятки сверточных архитектур, причем их количество постоянно увеличивается в связи с активными исследованиями в этой области. При выборе оптимальной модели в процессе принятия решения необходимо проводить сравнительный анализ, учитывая эффективность и компактность каждой из них.

Следует отметить, что не существует одной универсальной модели, которая идеально подходила бы для всех условий. Например, решение для диагностических операций фитосанитарного мониторинга пшеницы будет значительно отличаться от архитектуры, применяемой для ячменя в полевых условиях, и тем более не будет похоже на модель для мониторинговых операций риса с использованием БПЛА.

В настоящее время к наиболее популярным фреймворкам глубокого обучения, особенно в области компьютерного зрения, широко используемым отечественными разработчиками, относятся *TensorFlow*, разработанный компанией *Google*, и *PyTorch*, разработанный и поддерживаемый исследовательской группой *Facebook AI Research (FAIR)*, ныне принадлежащий компании *Meta*. И хотя формально данные платформы относятся к категории *Open Source*, в свете неопределенности, возникающей из-за геополитических внешних факторов, усиливающегося беспрецедентного санкционного давления, следует учитывать риски ограничений доступа, например, в виде прекращения технической поддержки компаний-разработчиков, внесения изменений для блокировки доступа к определенным функциям, что может серьезно повлиять на производительность процесса реализации нейросетевых моделей.

В контексте обеспечения технологического суверенитета важно рассмотреть перспективу разработки отечественных фреймворков для создания специализированных платформ, обслуживающих сельское хозяйство. Создание собственных инструментов для глубокого обучения и компьютерного зрения может предоставить ряд значительных преимуществ, среди которых снижение риска зависимости от зарубежных технологий и компаний; суверенность данных, т.е. управление в соответствии с внутренней политикой и требованиями

безопасности; формирование и развитие местного сообщества разработчиков, исследователей и специалистов в области искусственного интеллекта и машинного обучения; стимулирование развития связанных технологий, инфраструктуры и инновационных решений, что в свою очередь может способствовать экономическому росту и укреплению национального цифрового потенциала.

Важная составляющая организации проекта – кадровое обеспечение на всех этапах реализации [26, 144, 191]. На этапе создания наборов данных необходимы кадры для их получения и разметки. Например, для фитосанитарного мониторинга эта работа не может проводиться без специалистов в области защиты растений, обладающих экспертными знаниями о болезнях растений, их симптомах и классификации. Их экспертиза позволит точно диагностировать состояние растений, провести корректную разметку данных для обучения и валидации моделей машинного обучения. Без участия таких специалистов в команде проекта риски ошибок в разметке данных, а значит, некорректной работы интеллектуальных систем значительно возрастают. Нейросетевой анализ может проводиться на огромных массивах, выявляя паттерны, невидимые для человеческого глаза. Однако в реальной среде условия могут быть сложными, а переменные – множественными. В этом контексте эксперты-фитопатологи в состоянии предоставить ценные знания не только о симптомах болезней растений, но и об их взаимосвязи с окружающей средой, особенностях реакции на различные факторы и другие важные аспекты. И наконец, участие этой категории лиц становится незаменимым на этапе тестирования ИТ-решений. Следует отметить, что тестирование помогает выявить возможные ошибки в функционировании системы и обеспечивает оценку ее практической применимости в реальных условиях, что является важным шагом перед широким использованием.

К другой категории стейкхолдеров относятся разработчики – специалисты в области машинного обучения и интеллектуального анализа данных. Исторически сложившаяся в России сильная математическая традиция проложила путь для появления ИТ-специалистов, обладающих уникальными цифровыми навыками и

знаниями в области искусственного интеллекта. При этом данные рекрутингового сервиса HeadHunter подтверждают острую нехватку кадров в области ИИ, причем с каждым годом ситуация усугубляется. По данным аналитического отчета [77], 61 % работодателей сталкиваются со сложностями в поиске специалистов с навыками в сфере цифровых технологий.

Усложняют ситуацию на рынке санкции, ограничивающие доступ отечественных разработчиков к международным хранилищам данных, и уход с рынка операторов облачных сервисов, которые служат основой для обучения нейросетей. Затруднены поставки важных для эффективного выполнения вычислительных задач специализированных ASIC-чипов, которые выпускают лишь несколько компаний в мире. Все это способствует оттоку отечественных специалистов – наиболее трудно воспроизводимому ресурсу.

Между тем Россия по качеству человеческого капитала находится в первой тройке, а по степени институционального обеспечения цифровой среды сильно уступаем другим странам [23]. Возникает проблема институционального характера – разрыв человеческого потенциала и правил, в которых живет страна. Преодоление этой тенденции уже началось: создаются условия для подготовки новой рабочей силы, обладающей требуемыми компетенциями, параллельно формируется система законодательства, призванная обеспечить совмещение цифрового ландшафта с квалификацией, навыками и умениями работников, адекватными требованиям новой экономики.

Важно не просто обеспечить наличие специалистов с компетенциями в области искусственного интеллекта и анализа данных, но и наладить их эффективное взаимодействие с участниками аграрного производства, обладающими знаниями о ключевых этапах, особенностях и тонкостях производства зерна. Среди условий эффективного взаимодействия можно выделить: интеграцию знаний, понимание специфики зернового производства и обеспечение коммуникации.

1. *Интеграция знаний* – процесс объединения и согласования информации, полученной из различных экспертных областей для создания единой

и унифицированной базы знаний, выступающей важным элементом подготовки цифровых продуктов и их использования в процессе принятия управленческих решений. Включает в себя проведение совместных обучающих сессий, полевых испытаний, встреч для обмена знаниями и опытом.

2. *Понимание специфики зернового производства.* ИТ-специалист должен уметь разрабатывать и внедрять алгоритмы и технологии, а также иметь достаточное представление об особенностях аграрных процессов, требованиях и проблемах, с которыми сталкиваются товаропроизводители. Только в этом случае можно адекватно адаптировать искусственный интеллект к реальным вызовам отрасли.

3. *Обеспечение коммуникации.* Особенности мышления и подход к работе у представителей разных предметных областей и профессий могут значительно отличаться. ИТ-специалист пытается сразу формализовать процесс, представить его в виде некоторой логической схемы, системы условий, при выполнении или невыполнении которых будут разворачиваться разные сценарии. Аграрии мыслят по-другому, их мышление имеет более практическую или прикладную направленность и часто при обсуждении конкретной задачи выходит за рамки применимости моделей, оперируя трудноформализуемыми категориями. Дело усложняется тем, что представители каждой профессии используют профессиональную лексику. В этом контексте развитие механизмов эффективной коммуникации включает в себя развитие навыков использования общего терминологического языка и устранение языковых барьеров. В некоторых случаях, чтобы обеспечить междисциплинарное сотрудничество и коммуникацию, необходимо включить в команду по цифровизации менеджера проектов, человека, который имеет опыт в сопровождении и управлении процесса разработки интеллектуальных информационных систем, а также обладает необходимыми знаниями из аграрной сферы. Наличие специалиста, обеспечивающего межпредметные связи в команде, поможет обеспечить корректное проектирование, разработку, внедрение и использование цифровых решений.

Внедрение интеллектуальных систем в аграрную сферу требует внимания не только к техническим и институциональным аспектам, но и к готовности конечных пользователей, таких как фермеры и агрономы, к принятию новых цифровых решений. Одной из главных преград является ограниченный уровень цифровых навыков и знаний у данной аудитории. Многие специалисты сельскохозяйственного сектора испытывают трудности в обращении с современными информационными технологиями и программными решениями. Недостаточная подготовка в области цифровой грамотности препятствует эффективному использованию интеллектуальных систем диагностики и мониторинга.

Как показывает опыт общения автора с представителями аграрной сферы, барьером для использования искусственного интеллекта на местах является элементарное отсутствие знаний о технологиях, основанных на нейросетях, боязнь сбоев в работе техники, сложность диагностики и устранения неполадок. Отсюда вытекает необходимость радикального увеличения мер по популяризации ИИ, распространению сервисов на основе технологий искусственного интеллекта для личного использования в отношении получения госуслуг, решения бытовых задач, профориентации, медицинской помощи и пр. На наш взгляд, только комплекс мер по широкому использованию технологий искусственного интеллекта в обычной жизни сельского труженика может обеспечить успешное внедрение и использование интеллектуальных систем в сфере зернового производства и эффективное взаимодействие аграриев с данными технологиями. Среди них: организация обучающих курсов и разработка программ, направленных на повышение цифровой грамотности сельскохозяйственных специалистов; простота и понятность интерфейсов для интеллектуальных систем; создание механизмов поддержки и консультации для пользователей, в том числе через организацию коммуникационных цифровых платформ и сообществ, где пользователи могут обмениваться опытом и знаниями.

Другой аспект кадрового обеспечения – психолого-поведенческий. Сопротивление работников является одним из вызовов при внедрении цифровых

технологий. В первую очередь это вызвано страхом перед изменениями, неопределённостью и недоверием к новым технологиям, недостатком цифровых компетенций. 70 % всех инициатив по цифровой трансформации проваливаются, причем культура отмечается как ключевой барьер. При этом стоит учитывать, что трансформация организационной культуры может быть более сложной задачей, чем разработка и внедрение самих цифровых систем. Поэтому ей следует уделять гораздо больше внимания, чем это традиционно принято, с акцентом на создание благоприятной среды для восприятия и принятия новых технологий.

Поддерживающая организационная культура, поощряющая творчество, риск и экспериментирование, может сыграть решающую роль в продвижении инноваций в зерновом секторе: сотрудники чувствуют себя вправе предлагать и реализовывать новые идеи и их поощряют мыслить нестандартно и бросать вызов статус-кво. Исследования показали [283, 285], что организационная культура, ориентированная на поддержку инициатив и экспериментов, способствует распространению новых идей и технологий, повышая готовность сотрудников идти на риск и создавать благоприятную среду для инноваций. Кроме того, культура, делающая упор на постоянное совершенствование и обучение, стимулирует разработку и внедрение новых технологий и инструментов.

Чтобы культивировать такой подход, необходимо содействовать внедрению изменений, мотивировать людей, обучать персонал. При внедрении новых интеллектуальных систем важно грамотно организовать переходный период, в течение которого работники используют новые решения наряду с привычными методами, постепенно привыкая к изменениям.

Важную роль в процессе внедрения ИИ играет лидерство. Руководители старшего звена должны олицетворять ценности и модели поведения, которые они хотят видеть в своей организации, создать среду, ориентированную на обучение, предоставить сотрудникам возможность посещать тренинги, семинары и конференции, а также участвовать в программах наставничества, побуждая сотрудников к постоянному поиску знаний и развитию навыков [262, 286].

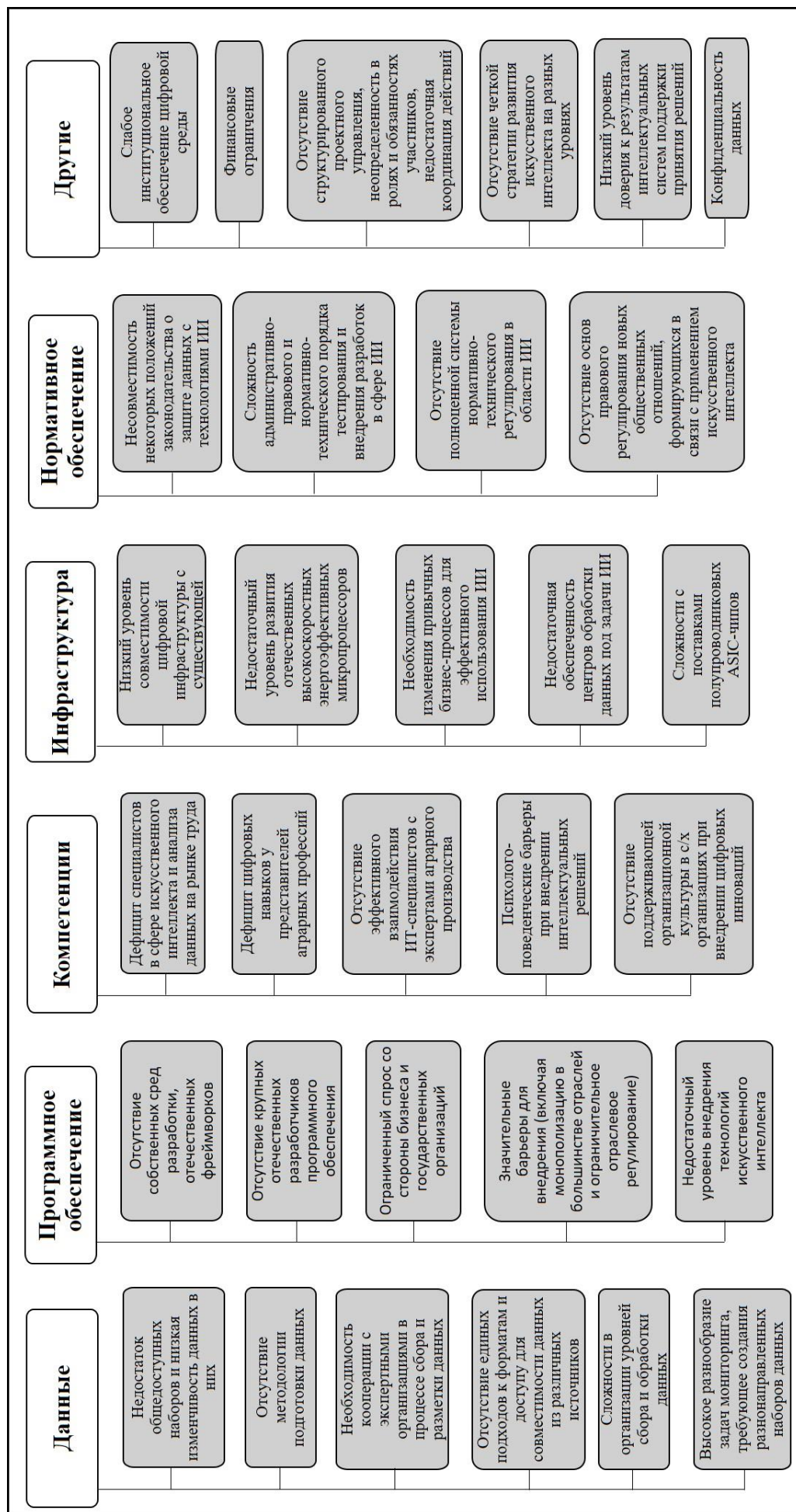


Рисунок 2.8 – Барьеры интеллектуализации системы мониторинга зернового производства

Источник: составлено автором

Цифровая трансформация может быть разрушительной, поскольку меняет традиционные процессы, роли и ожидания, а также способна вызвать корпоративный хаос до того, как цифровые технологии воплотятся в жизнь. Перспектива интеллектуализации вызывает опасения у отдельных участников трансформации, связанные с возможностью лишиться работы. Кроме того, сам бизнес зачастую неохотно доверяет принятию управленческих решений машине.

По этим причинам изменения необходимо внедрять постепенно, вовлекая все заинтересованные стороны, инициировать центры передового опыта с функцией информационного обеспечения, четко формулировать преимущества интеллектуализации.

Подытожив проведённый анализ, можно выделить шесть ключевых групп барьеров, препятствующих внедрению нейросетевых систем мониторинга в зерновом производстве (рисунок 2.5). Преодоление барьеров внутри каждой группы является критическим шагом для создания современной, эффективной и инновационной системы мониторинга в зерновом производстве, способствующей повышению уровня устойчивости и конкурентоспособности зернового производства в России.

2.3 Концепция организации интеллектуального мониторинга зернового производства

На основе анализа выявленных барьеров интеллектуализации мониторинга зернового производства (технологические ограничения, кадровый дефицит, проблемы интеграции данных и др.) была разработана концепция организации мониторинга, направленная на системное преодоление указанных ограничений. Разработанная концепция, исходящая из объективного процесса цифровизации бизнес-процессов АПК и организационно-технологических и институциональных его аспектов (рисунок 2.6), интегрирует четыре взаимосвязанных компонента,

критически важных для эффективного функционирования интеллектуального мониторинга в зерновом секторе:

- 1) *институциональный* (нормативная правовая база, система стимулирования);
- 2) *технологический* (аппаратно-программные решения, платформа обработки данных);
- 3) *методический* (стандарты и регламенты мониторинга, алгоритмы принятия решений);
- 4) *кадровый* (подготовка и переподготовка специалистов, формирование цифровых компетенций).

Каждый из перечисленных компонентов способствует преодолению конкретных барьеров и обеспечивает синергетический эффект при их комплексной реализации, что позволяет трансформировать систему мониторинга в стратегический инструмент управления зерновым производством.

В условиях стремительного роста и разнообразия цифровых технологий в сельском хозяйстве важно учитывать, что эффективное управление бизнес-процессами производства зерна требует не только глобальных стратегических подходов и решений, направленных на процесс создания и претворения в жизнь комплексной системы цифрового мониторинга аграрного производства и координации ее элементов, но и детализации организационных мероприятий на уровне отдельных видов мониторинга.

В частности, рассмотренная модель организации мониторинга находит свое специфическое применение в сфере фитосанитарного контроля, интеллектуализация которого приобретает особую актуальность и практическую ценность по трем причинам.

Во-первых, фитосанитарный мониторинг играет ведущую роль в обеспечении сохранности и безопасности посевов зерновых культур, фокусируясь на выявлении, контроле и предотвращении распространения болезней растений, вредителей и сорной растительности, способных значительно снизить объем и качество урожая [45].

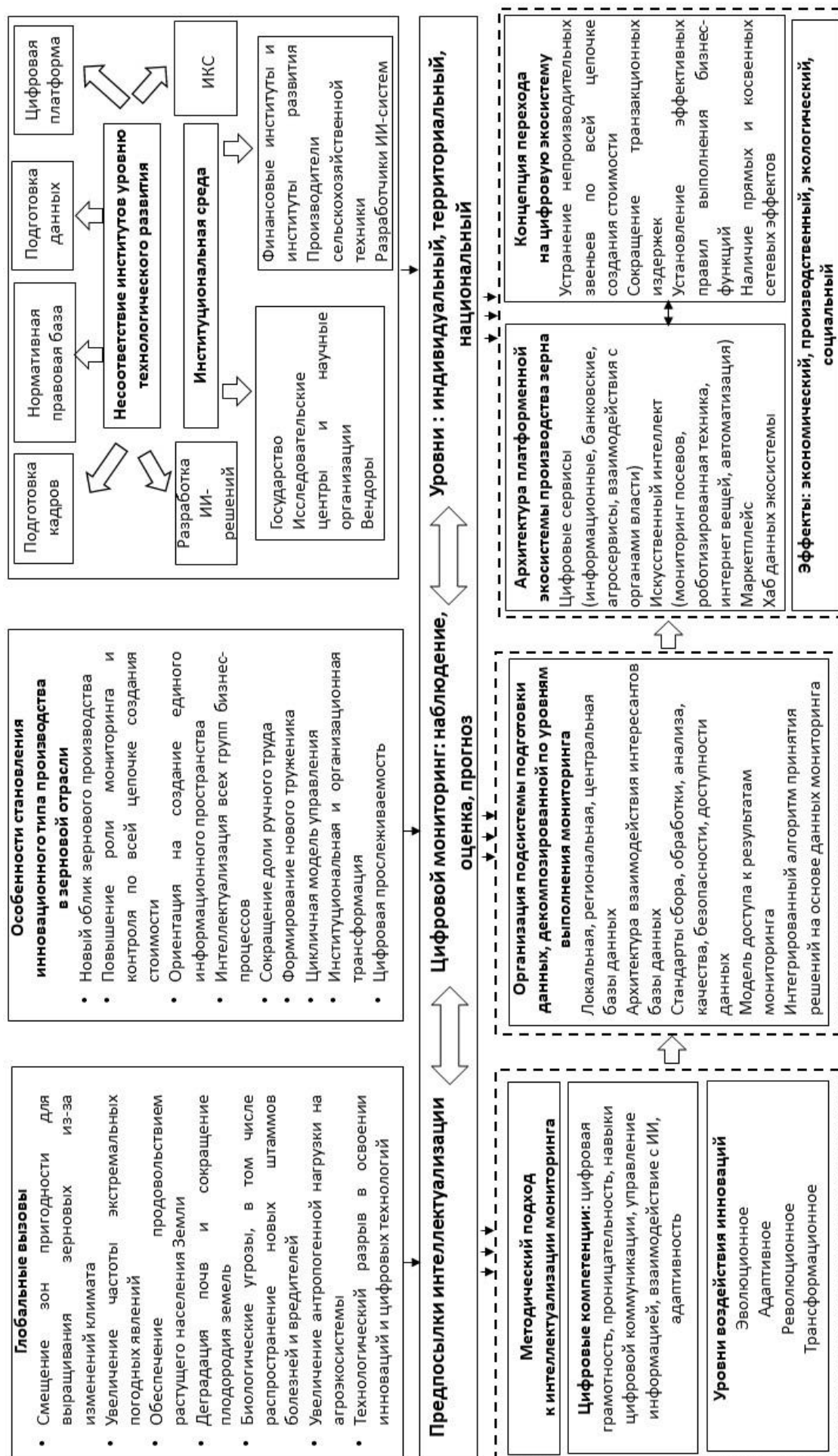


Рисунок 2.6 – Концепция организации интеллектуального мониторинга производства зерна

Источник: составлено автором

По данным Национального института продовольствия и сельского хозяйства США, ежегодно болезни растений обходятся мировой экономике примерно в 220 млрд дол., а инвазивные насекомые – в 70 млрд дол. Ущерб мирового производства сельскохозяйственных культур в результате заражения растений болезнями и нашествия вредителей составляет от 20 до 40 %. При этом потери основных зерновых культур (риса, пшеницы, кукурузы) не только наносят значительный продовольственный и экономический ущерб, но и влияют на продовольственную безопасность национальных экономик. Численные оценки потерь урожая от болезней и вредителей для трех основных зерновых культур в мире составляют: 10,1–28,1% – для пшеницы, риса – 24,6–40,9 %, кукурузы – 19,5–41,1 % [284]. Вредители, поражающие посевы пшеницы, приводят к существенному, хотя и вариabельному во времени и пространстве ущербу, на долю которого приходится 10–50 % (в среднем) потерь мирового урожая [273]. Ежегодные потери в России от болезней, вредителей и сорняков составляют от 20 до 30% потенциального урожая зерна [175].

Во-вторых, необходимость разработки цифровых инструментов фитосанитарной диагностики декларируется в ряде нормативных положений, специфицирующих направления развития сельского хозяйства. Основные приоритеты перехода на инновационные формы хозяйствования определила Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства, цель которой – обеспечение стабильного роста сельскохозяйственной продукции, реализуемой в том числе за счет разработки современных систем диагностики патогенов сельскохозяйственных растений. Согласно ожиданиям, в рамках данной программы, к 2030 г. в стране должно быть разработано и введено в эксплуатацию не менее 15 единиц современных средств диагностики болезней сельскохозяйственных культур [162]. В другом документе – Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации до 2030 г. цифровые технологии и оборудование для фитосанитарного контроля, обеспечение биобезопасности и контроля качества сельскохозяйственного сырья и продукции переработки по всей цепочке создания стоимости относятся к одному

из ключевых ориентиров развития АПК и зернового подкомплекса, в частности, достижение которых «является крайне затруднительным без прорывов в развитии новых технологий» [165]. Наконец в Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 г. неустойчивое фитосанитарное состояние зерна и сельскохозяйственных угодий отнесено к основным проблемам, препятствующим развитию зернового комплекса, а разработка современных средств диагностики болезней и вредителей зерновых культур определена как приоритетное направление совершенствования его научно-технического обеспечения [160].

В-третьих, как будет показано далее, между моделями компьютерного зрения (технология ИИ) и задачами фитосанитарной диагностики существует тесная связь, обусловленная возможностью ИИ выявлять сложные взаимосвязи в визуализируемых данных и находить скрытые признаки заболеваний, вредителей и сорной растительности, которые могут ускользнуть от человеческого глаза. Интеграция таких моделей в операционные диагностические процедуры мониторинга приводит к кардинальным изменениям в процессе принятия решений: сокращению времени на диагностические мероприятия и повышению точности и обоснованности прогноза.

Как показал проведенный обзор (параграф 2.1), в отечественной практике аграрии редко используют цифровые решения даже для стандартных диагностических процедур, среди которых определение видового состава, развития, распространения в данный отрезок времени активности вредных организмов, их патогенов и энтомофагов в конкретном месте. Исключение составляют беспилотные летательные аппараты, получающие широкое распространение, однако не обеспечивающие такого уровня точности, который бы удовлетворял требованиям диагностики в этой области. Можно констатировать, что, несмотря ни на внешние стимулы, ни на внутренние мотивации аграриев, цифровизация проникла в фитосанитарный мониторинг в меньшей степени по сравнению с другими видами мониторинга в зерновой отрасли.

Чтобы понять причины такого положения, нами был проведен анализ научных разработок, посвященных интеллектуализации фитосанитарного мониторинга и диагностики на уровне моделей и прототипов, формирующих фундамент будущих информационных систем и цифровых решений.

Нами изучено 21 исследование (приложение Д) отечественных и зарубежных авторов, применявших нейронные сети для фитосанитарной диагностики и отличающихся друг от друга по типу происхождения данных, виду исследуемых культур, архитектурным решениям и т. д. Обзор научной литературы показал, что передовой технологий, обладающей огромным потенциалом для решения таких задач, является компьютерное зрение – класс решений, которые находят, отслеживают и классифицируют объекты, а также синтезируют видеоизображения [159].

Идея технологии компьютерного зрения состоит в попытке приблизить работу компьютерной программы к механизму работы зрения человека или животного и мотивирована исследованиями о зрительной коре головного мозга, которая, согласно современным представлениям, делится на семь зон. Каждая из этих зон отвечает за разные аспекты зрительного восприятия, включая цвет, форму, движение и пространственное распознавание. Архитектуры сверточных сетей, лежащие в основе компьютерного зрения, в определенной степени пытаются воспроизвести структуру зрительной коры, повторяя её иерархическую организацию и функциональность благодаря наличию последовательности слоёв, каждый из которых специализируется на определённых аспектах зрительного распознавания образов (рисунок 2.7). Многоуровневая архитектура позволяет моделям эффективно обрабатывать визуальную информацию, начиная с простых элементов и постепенно переходя к более сложным представлениям, что делает их особенно эффективными в задачах, связанных с распознаванием болезней на изображениях, точность которого (столбец *accuracy*) достигает в некоторых случаях 99 % (приложение Д).

Анализ литературных источников выявил, что компьютерное зрение очень эффективно в задачах визуальной диагностики болезней зерновых культур,

позволяя выделить и систематизировать ключевые особенности этой технологии в контексте цифровизации мониторинговых операций (таблица 2.5).

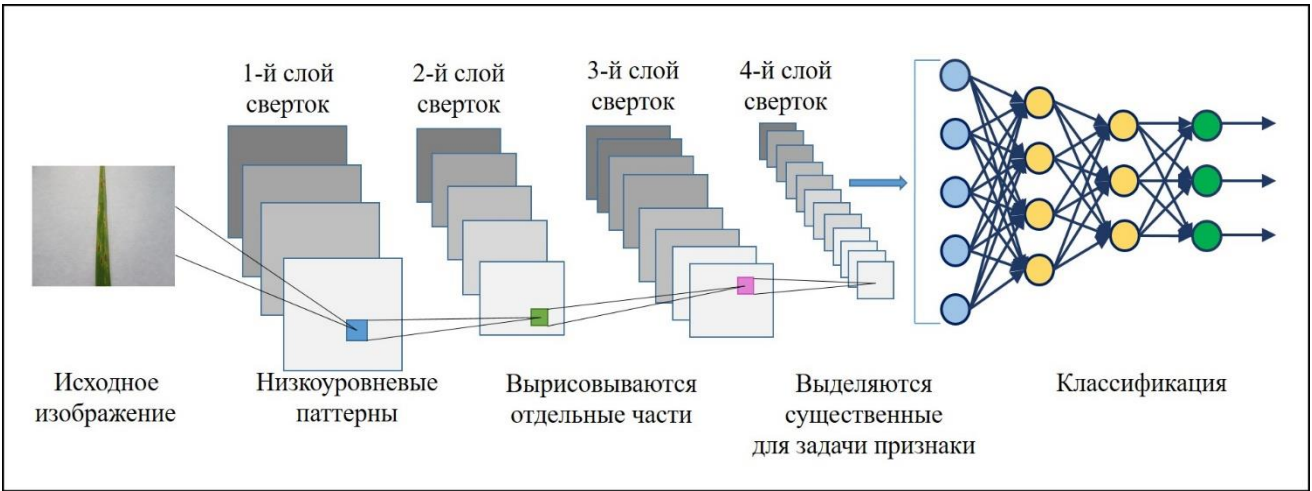


Рисунок 2.7 – Общая архитектура сверточной нейронной сети

Источник: составлено автором

Таблица 2.5 – Ключевые особенности использования технологии компьютерного зрения в процессе мониторинга посевов зерновых культур

Особенности компьютерного зрения	Описание
Эффективность CNN	Высокая производительность в обнаружении и классификации болезней, отсутствие необходимости в ручном извлечении и проектировании признаков вредоносных организмов, предварительной обработке изображений. Способность моделей автоматически выявлять сложные паттерны в данных, значительно повышая качество, точность и скорость диагностики
Наиболее производительные архитектуры	ResNet, DenseNet, GoogleNet Inception, VGG, U-Net, SegNet, EfficientNet отличаются способностью обрабатывать большое количество сложных изображений и эффективно классифицировать различные типы болезней и вредителей, не слишком объемны и могут быть интегрированы в качестве ядер информационных систем локально, в том числе в приложениях на мобильных устройствах, что важно для работы в полевых условиях
Требования к вычислительным ресурсам	Обучение моделей требует мощных вычислительных ресурсов, включая графические процессоры. При этом для применения уже обученных моделей можно ограничиться использованием центрального процессора, что делает их доступными для широкого применения в зерновом секторе

Продолжение таблицы 2.5

Особенности компьютерного зрения	Описание
Многообразие задач	Компьютерное зрение хорошо подходит для различных задач мониторинга, таких как обнаружение, классификация, оценка и прогнозирование фитосанитарного состояния посевов. Разнообразие существующих архитектурных решений позволяет эффективно адаптировать модели к требованиям каждой задачи и специфике условий
Подготовка данных	Организация работы по сбору данных для тренировки сверточных нейронных сетей должна сопровождаться закладкой полевых опытов с использованием высокого сортового и гибридного разнообразия, соблюдением условий повторности опыта во времени и пространстве
Перспективы применения	Развитие и расширение баз данных, учет изменчивости в данных, а также улучшение технологий маркировки данных могут значительно повысить эффективность и применимость компьютерного зрения в аграрном секторе.
Ограничения	Отсутствие сбалансированных и репрезентативных наборов данных; сложность фитосанитарных проблем и необходимость учета высокой изменчивости в данных; низкая масштабируемость имеющихся решений

Источник: составлено автором

Несмотря на явные преимущества компьютерного зрения по сравнению с классическими ИИ-решениями, остается серьёзный недостаток, относящийся ко всем рассмотренным при обзоре моделям, – полное или частичное отсутствие их масштабируемости. Невозможно взять какую-либо авторскую нейросеть и начать ее использовать в новых условиях (даже если объект моделирования не изменился). Причин такого положения несколько. Во-первых, внешний вид растений постоянно меняется в течение вегетационного цикла, что требует учета этих изменений в данных. Во-вторых, специфика фитосанитарных проблем, среди которых изменение признаков поражений во времени и пространстве, возможность одновременного появления нескольких болезней на растении, что также должно быть учтено в выборках. В-третьих, при проведении испытаний в полевых условиях анализ изображений с посевов добавляет проблемы, связанные с обработкой сложных элементов, среди которых меняющееся в течение дня освещение, наличие теней, листвы, росы, насекомых и других элементов,

создающих неоднородный фон. В-четвертых, агробиоценозы – сложная динамическая среда, в которой даже дефицит питательных веществ и вредители могут вызывать симптомы, схожие с симптомами некоторых болезней [252].

Анализ литературы позволил детерминировать четыре базовых типа условий выполнения диагностических операций в процессе мониторинга зернового поля с использованием технологий компьютерного зрения и нарастающей изменчивостью окружающей среды (рисунок 2.8).

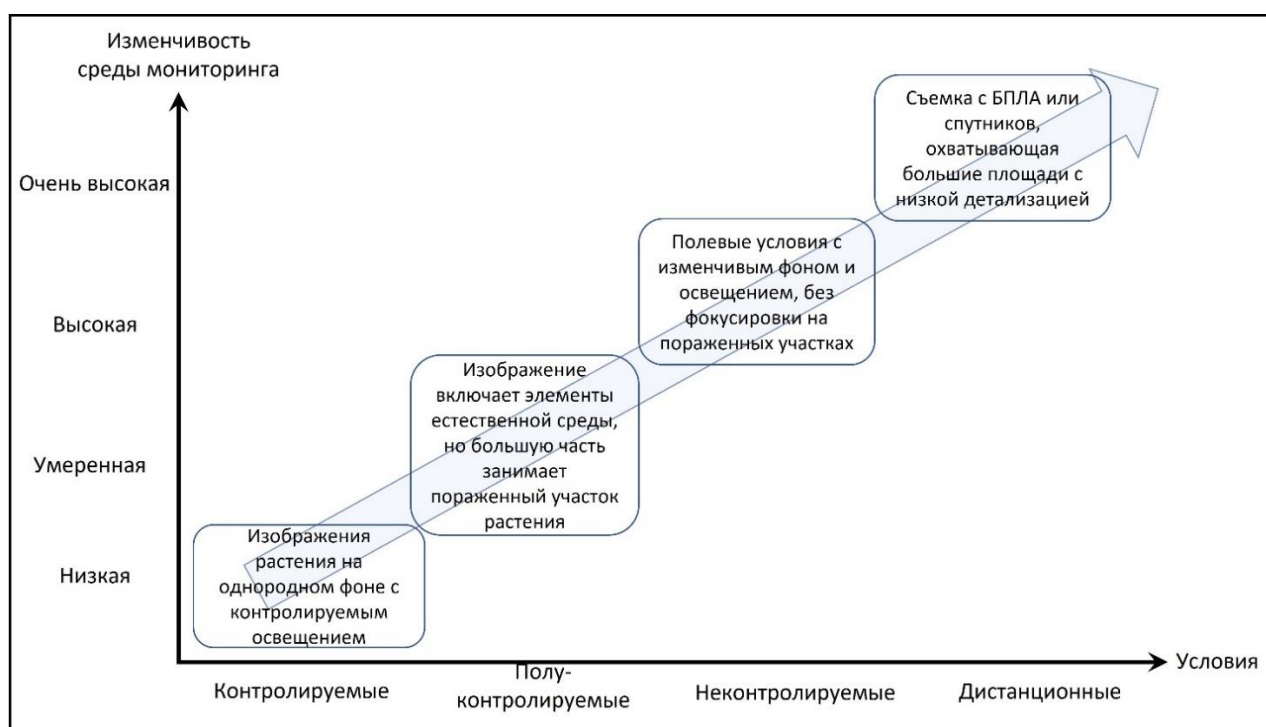


Рисунок 2.8 – Уровни изменчивости данных при различных условиях проведения фитосанитарного мониторинга зернового поля

Источник: составлено автором

Первый тип условий – *контролируемые*, когда на изображениях показан один орган растения (лист, стебель, колос, метелка), помещенный на однородный светлый фон в среде с контролируемым освещением. Это упрощает процесс анализа изображения, удаляя любую изменчивость, связанную с внешними условиями или фоном, и позволяет сосредоточиться на выражении симптомов. Второй, более сложный вид условий – *полуконтролируемые*, в рамках которых предполагается, что изображения имеют сложный фон, поскольку фотосъемка

осуществляется в естественных условиях произрастания культуры. При этом выполняется концентрация (фокусировка) на определенном органе растения, обычно на листе, который занимает большую часть изображения. *Неконтролируемые, полевые* условия относятся к третьему типу, которые характеризуются естественной средой, комплексным фоном, переменными условиями освещения, разнообразием состояния растений и вредоносных организмов, трудностями с фокусировкой. Четвертый тип – *дистанционные* условия, включающие использование современных технологий дистанционного зондирования, таких как съемка с БПЛА и спутниковое наблюдение, предоставляющие возможность оценить состояние зерновых культур на больших территориях с относительно низкой или средней детализацией.

Учитывая, что на текущем уровне развития технологий обучить нейросеть на все случаи жизни невозможно, требуется иметь четкое представление о том, где и как разработанная модель будет использоваться в дальнейшем. Для этого необходимо ясное понимание целей и контекста применения интеллектуальных систем, ограничений и условий получения данных, а также соблюдения этих условий конечными пользователями в управленческой деятельности. Большинство существующих моделей и алгоритмов изначально разрабатывалось для работы в условиях, где внешние факторы и вариабельность сценариев более стандартизированы и предсказуемы, что не всегда соответствует динамике и специфике зернового производства.

По этой причине цифровизация фитосанитарного мониторинга носит фрагментарный, эпизодический, точечный характер. Хороших и качественных решений достаточно много (*Plantix, PlantVillage, Agrosmart, Taranis, Farmers Edge, Ceres Imaging, DoctorP*), но каждое из них эффективно при особых уникальных условиях использования и абсолютно не пригодно для других. Разобщенность технологий вынуждает производителей либо адаптировать инструменты под свои уникальные условия, что требует дополнительных затрат и усилий, либо искать другие сервисы для решения специфических мониторинговых задач, либо зачастую отказываться от интеллектуальных

инструментов. Отсутствие стандартизации подрывает уровень доверия аграриев к цифровым инструментам и создает барьеры для интеграции новых технологий в производственные бизнес-процессы, препятствуя формированию эффективной и интегрированной системы цифрового мониторинга.

Потребность в универсальном и адаптивном цифровом решении для мониторинга является важной хозяйственной задачей, которая требует формирования единой платформы с интегрированным набором инструментов, что нашло отражение в заключительном блоке разработанной организационной модели в виде экосистемы зернопроизводства платформенного типа, выступающей технологическим ядром всей системы мониторинга и позволяющей преодолеть фрагментарность существующих решений за счет создания комплексной системы интеллектуального мониторинга в зерновом секторе, соответствующей современным требованиям цифрового сельского хозяйства.

Выводы по разделу 2

1. Онтология мониторинга опирается на объективные хозяйственные процессы, имеющие всеобщий характер. Одним из центральных направлений развития современности выступает цифровизация экономики, одним из ведущих элементов которой является искусственный интеллект. Этот факт предопределяет диспропорциональное развитие непосредственного процесса мониторинга в зерновом секторе на разных уровнях. На макро- и мезоуровне использование передовых технологий, таких как системы дистанционного зондирования Земли и интеграционные информационные системы, значительно продвинулось за последнее время, способствуя глубокому и всестороннему пониманию состояния отрасли производства зерна. На микроуровне цифровизация процесса мониторинга происходит менее активно и фрагментарно. Не получает должного внимания и фитосанитарный мониторинг, играющий ведущую роль в обеспечении сохранности и безопасности посевов зерновых культур.

2. В отечественной практике аграрии редко используют цифровые решения даже для стандартных диагностических процедур – определения видового состава,

развития, распространения и активности вредных организмов, чаще полагаясь на традиционные методы и простые технологии, такие как визуальные осмотры и экспертные оценки. Исключение составляет деятельность крупных агрохолдингов с достаточным уровнем ИТ-развития, которые для мониторинга посевов применяют современные технологии: дроны, автоматизированные системы управления и анализ больших данных. В этих условиях эпистемология мониторинга требует проработки методологических подходов формирования принципов использования цифровых решений в условиях технологических инноваций. Несмотря на то, что отдельные аспекты цифровых инноваций зернового производства нашли отражение в трудах отечественных и зарубежных ученых, проблема теоретико-методологического обеспечения мониторинга бизнес-процессов производства зерна не только остается нераскрытой, но и в целом не отвечает выдвинутым ориентирам Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года.

3. Разработка методологии цифрового мониторинга, ориентированной на системное взаимодействие участников зернового производства, потребовала комплексного анализа ограничений внедрения искусственного интеллекта на различных уровнях управления. В ходе исследования был разработан трехуровневый методический подход, последовательно охватывающий: выстраивание архитектуры системы мониторинга, внедрение алгоритмов прогнозной аналитики и технологий ИИ, практическую интеграцию цифровых решений в деятельность агропредприятий. Анализ каждого уровня выявил комплекс взаимосвязанных ограничений, включающих качество данных, совместимость ПО, инфраструктурные, кадровые, финансовые и нормативные правовые барьеры, которые в совокупности определяют ключевые вызовы цифровой трансформации системы мониторинга зернового производства.

4. Для системного преодоления выявленных ограничений в работе предложена концепция организации мониторинга, интегрирующая институциональные, технологические, кадровые и методические компоненты. На ее основе может совершенствоваться государственная политика цифровизации зернового хозяйства, осуществляться поиск новых форм и методов кадрового обеспечения бизнес-процессов производства зерна.

РАЗДЕЛ 3 ФОРМИРОВАНИЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1 Институциональное обеспечение инноваций в области мониторинга зернового производства

Современный этап развития общественного производства характеризуется ускоренной модернизацией технико-технологической базы, в то время как обновление институциональной среды происходит значительно медленнее. Разрыв между уровнем технологических возможностей, существующим цифровым инструментарием и правилами, регулирующими внедрение и использование технологий в хозяйственную практику, создает значимый барьер для цифровой трансформации зернового производства. Особенно ярко неразвитость институциональной среды проявляется в контексте цифровизации бизнес-процессов, существенно ограничивая скорость, масштаб и глубину преобразований [124, 211, 228].

В исследованиях [48, 52, 83, 86, 203, 227] институциональная среда анализируется как один из ключевых факторов, воздействующих на развитие агропродовольственного комплекса и входящих в его состав субъектов, при этом подчеркивается, что именно институциональная среда в полной мере может обеспечить не только условия для инновационного развития аграрной экономики, но и продовольственную безопасность и технологический суверенитет страны.

В свою очередь неразвитость институциональной среды порождает возникновение определенных барьеров, ограничивающих интенсивность и глубину процессов цифровой трансформации [216, 217]. М. А. Афонасова и Т.Д. Санникова в работах [24, 176] отмечают, что институты, жизненно необходимые для развития цифровой экономики, проигрывают устаревшим, но устойчивым институтам, которые, собственно, и вносят диссонанс в институциональную систему и загоняют процессы цифровизации в институциональные ловушки.

В широком смысле под институтом понимается совокупность норм и правил, определяющих порядок функционирования и взаимодействия экономических субъектов всех уровней, а также механизмов принуждения субъектов к их соблюдению [216]. Поскольку в нашем случае институты должны направлять и регулировать процессы внедрения и распространения искусственного интеллекта в области мониторинга производства зерна, обеспечивая безопасное и эффективное использование данной технологии, а также поддерживать экономическую стабильность и конкурентоспособность в сельском хозяйстве, то начинать анализ необходимо с нормативного обеспечения искусственного интеллекта.

Первичным нормативным документом, определяющим институциональный базис искусственного интеллекта во всех без исключения отраслях и сферах народного хозяйства, а также меры, направленные на его использование в целях обеспечения национальных интересов, является Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. В ней заложены основные принципы, которым должны отвечать все ИИ-решения, реализуемые в России [167]:

- защита прав и свобод граждан;
- недопустимость использования ИИ в целях причинения вреда людям;
- технологический суверенитет в области ИИ;
- целостность инновационного цикла за счет тесной интеграции науки с реальным сектором экономики;
- разумная бережливость;
- поддержка конкуренции среди организаций, осуществляющих деятельность в области ИИ.

Только соблюдение перечисленных принципов позволит сформировать высокий уровень доверия общества к искусственному интеллекту, что послужит одним из гарантов его успешной реализации. Если пользователи не доверяют технологии, они просто не будут её использовать.

Однако, как показывают данные опроса [115], в 2023 г. уровень доверия граждан к технологиям искусственного интеллекта в России был низким (52 %) и продолжает уменьшаться. Значительная часть населения (40 %) не доверяет ИИ, что обусловлено факторами, приведенными на рисунке 3.1.

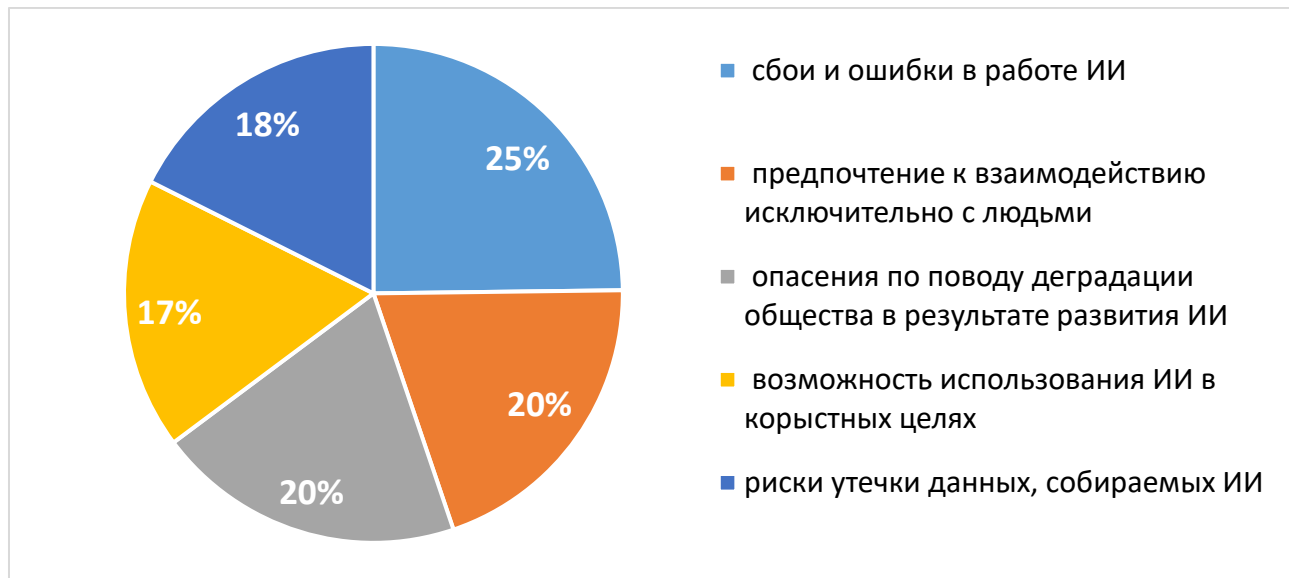


Рисунок 3.1 – Факторы недоверия к искусственному интеллекту в России

Источник: разработано автором на основе [115]

Эта тенденция особенно характерна для зернового производства, поскольку отрасль традиционно опирается на проверенные, но иногда устаревшие методы и личный опыт. Утечка личных и корпоративных данных, утрата контроля над производственными процессами, зависимость от сложных систем, принципы работы которых скрыты от глаз пользователя, и т. д. – все это вызывает опасения и тревогу у аграриев, тормозит процесс.

Поэтому для соблюдения заложенных в национальной стратегии принципов должна быть выработана и закреплена на законодательном уровне российская модель цифровизации, защищающая права граждан и национальный суверенитет, обеспечивающая её общественную поддержку и институциональную базу [220]. Заслуживают также внимания инициативы, связанные с созданием цифрового кодекса, который служил бы важным инструментом для обеспечения законности, этики и безопасности в цифровой среде. Для успешной реализации этих инициатив должны быть учтены и соблюдены следующие положения [183]:

- обеспечение прозрачности и доступности цифровых технологий для всех граждан и организаций;
- гарантии защиты данных и личной информации пользователей с соблюдением принципа неприкосновенности частной жизни;
- принципы справедливости и равенства в доступе к цифровым услугам и технологиям;
- создание системы ответственности и подотчётности за действия в цифровой среде, включая защиту от киберугроз;
- регулирование процессов внедрения ИТ-решений в ключевые отрасли с учётом интересов национальной безопасности и суверенитета;
- укрепление институциональной базы для мониторинга, оценки и контроля за соблюдением цифровых норм и стандартов;
- разработка стандартов и норм для этичного использования искусственного интеллекта с учётом общественных и культурных особенностей.

Нельзя пренебрегать мировым опытом. В международном нормативном правовом поле ключевыми документами, касающимися этических аспектов использования искусственного интеллекта, служат рекомендация ЮНЕСКО и резолюция Генеральной Ассамблеи ООН. Рекомендация ЮНЕСКО, разработанная и принятая всеми государствами-членами, включая Россию, направлена на создание условий для использования ИИ в интересах всего человечества, отдельных людей, обществ, окружающей среды и экосистем, предотвращая возможный вред и стимулируя мирное применение технологий на основе ИИ [152]. Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН акцентирует внимание на необходимости уважения, защиты и поощрения прав человека и основных свобод на протяжении всего жизненного цикла ИИ-систем [151].

В указанных документах определены базовые ценностные установки, которые должны соблюдаться всеми заинтересованными сторонами (пользователями, разработчиками, государственными органами), вовлеченными в создание, использование и регулирование ИИ:

- уважение, защита и поощрение прав человека и основных свобод и человеческого достоинства;
- благополучие окружающей среды и экосистем;
- жизнь в мирных, справедливых и взаимосвязанных обществах;
- соразмерность и непричинение вреда;
- безопасность и защищенность;
- справедливость и отказ от дискриминации;
- устойчивость;
- право на неприкосновенность частной жизни и защита данных;
- подконтрольность и подчиненность человеку;
- прозрачность и объяснимость работы;
- осведомленность и грамотность;
- многостороннее и адаптивное управление и взаимодействие.

Несмотря на то, что институциональная база для интеллектуализации мониторинга в России все еще находится в стадии становления, уже достигнуты значительные успехи. В стране разработана стратегия развития искусственного интеллекта, создана система государственных структур, ответственных за развитие и внедрение ИИ-технологий, определены принципы и основные положения, регулирующие эту сферу (таблица 3.1). Наблюдаются также уверенные шаги в области стандартизации: начинают появляться национальные стандарты, призванные регулировать использование ИИ в разных секторах экономики. Эти достижения указывают на высокую степень готовности России интегрировать ИИ-технологии в ключевые отрасли, в том числе в производстве зерна.

Данные таблицы 3.1 подтверждают, что Россия успешно выполняет многие обязательные этапы формирования эффективной политики в сфере ИИ. Показатели по стратегическому планированию, созданию институтов управления и нормативному регулированию соответствуют или приближаются к уровню таких ведущих стран, как США и Китай. Первые национальные стандарты утверждены только в пяти странах рейтинга, включая Россию. Отстаёт страна по

показателю публикации системы оценки влияния ИИ на уровень безопасности и экономическую устойчивость: Россия находится на уровне 17 %, что говорит о необходимости совершенствования механизмов оценки и мониторинга использования ИИ.

Таблица 3.1 – Международный индекс оценки эффективности государственного управления искусственным интеллектом (AGILE index) в 2023 г.

Показатель/ Страна	Стратегия развития ИИ	Создание госструктуры по работе с ИИ	Публикация принципов в отношении ИИ	Публикация системы оценок по влиянию ИИ	Национальные стандарты в области ИИ	Законодательство в области ИИ	Глобальное взаимодействие правительства в области ИИ
Россия	86	100	100	17	100	50	79
США	91	100	100	100	100	50	93
Китай	98	100	100	17	100	75	93
Сингапур	87	100	100	82	0	50	93
Канада	88	100	100	67	100	75	86
Германия	90	100	100	0	100	75	93
Великобритания	93	100	100	67	0	75	100
Япония	85	100	100	17	0	75	100
Франция	91	100	0	50	0	75	100
ОАЭ	79	100	100	82	0	50	54
Италия	89	100	0	0	0	75	93
Индия	59	0	0	40	0	75	93
Бразилия	0	0	0	17	0	25	54
ЮАР	0	0	0	17	0	25	54

Источник: разработано автором на основе [74, 241]

На протяжении 2016–2023 гг. в России велась активная работа над формированием законодательной базы, регулирующей различные аспекты использования искусственного интеллекта. В стране продолжает формироваться системный, скоординированный между разными ведомствами подход, который учитывает специфику ИИ. Аналогичные тенденции отмечались только в США и некоторых странах Западной Европы (рисунок 3.2).

С уверенностью можно сказать, что российское законодательство стремится не только к созданию условий для развития инновационных технологий, но и к обеспечению их соответствия высоким стандартам безопасности, этики и прав

человека. Принимаемые законы и нормативные акты создают фундамент для использования искусственного интеллекта в различных секторах и комплексах, к важнейшим из которых относится зернопродуктовый.

В ходе мониторинговых операций с использованием ИИ-систем непрерывно генерируется значительный объем разнообразной информации, что требует применения специальных методов масштабирования для эффективного хранения, обработки, управления и анализа. Потоки данных, формируемые в процессе мониторинга, фактически можно классифицировать как большие данные.

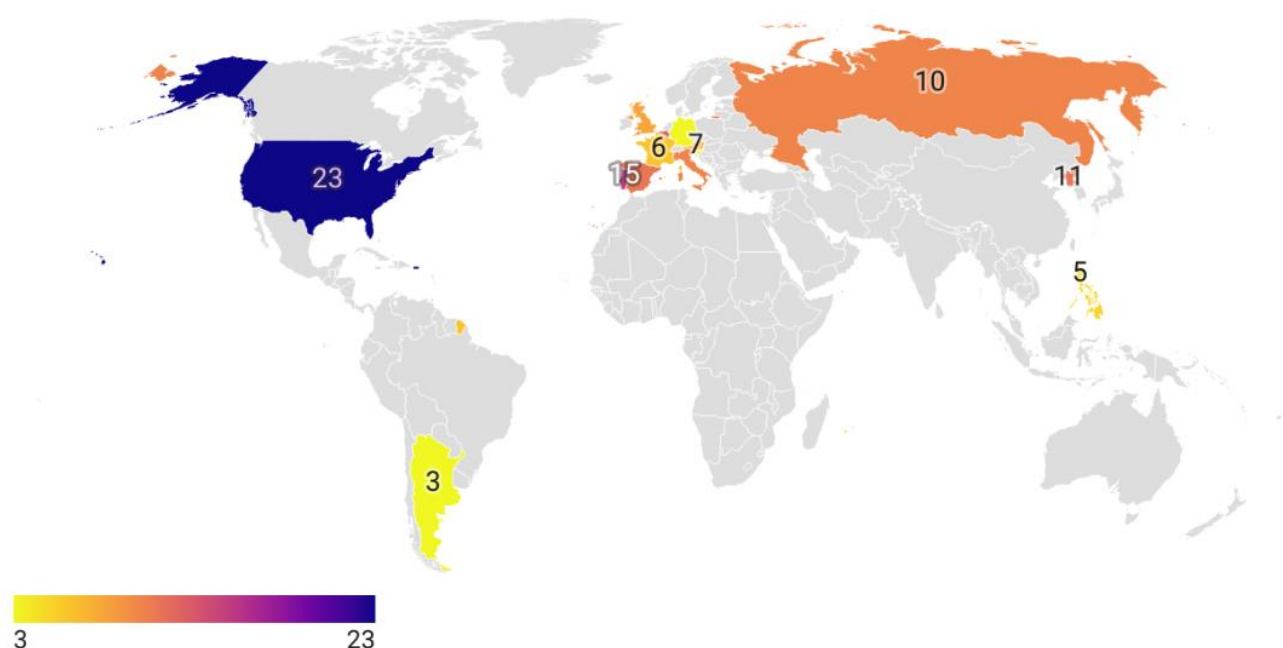


Рисунок 3.2 – Число законов, содержащих упоминания об искусственном интеллекте, принятых в 2016–2023 гг.

Источник: разработано автором на основе [246]

В российском законодательстве уже утверждены и введены в действие два предварительных национальных стандарта (ПНСТ), а также ряд стандартов (ГОСТов), обеспечивающих институциональную поддержку большим данным и искусственному интеллекту:

1) ПНСТ 848-2023 Искусственный интеллект. Большие данные. Обзор и требования по обеспечению сохранности данных (утвержден и введен в действие 13 декабря 2023 г. № 94-пнст);

2) ПНСТ 847-2023 Искусственный интеллект. Большие данные. Функциональные требования в отношении происхождения данных (утвержден и введен в действие 13 декабря 2023 г. № 93-пнст);

3) ГОСТ Р 24668-2022 Информационные технологии. Искусственный интеллект. Структура управления процессами аналитики больших данных (утвержден и введен в действие 8 ноября 2022 г. № 1258-ст);

4) ГОСТ Р 59925-2021 Большие данные. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению (утвержден и введен в действие 2 декабря 2021 г. № 1684-ст);

5) ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021 Информационные технологии. Большие данные. Обзор и словарь (утвержден и введен в действие 13 июля 2021 г. № 632-ст);

6) ГОСТ Р 70889-2023 Информационные технологии. Искусственный интеллект. Структура жизненного цикла данных (утвержден и введен в действие 2 ноября 2023 г. № 1327-ст);

7) ГОСТ Р 70466-2022 Информационные технологии. Эталонная архитектура больших данных. Структура и процесс применения (утвержден и введен в действие 8 ноября 2022 г. № 1257-ст);

8) ГОСТ Р 59920-2021 «Системы искусственного интеллекта (ИИ) в сельском хозяйстве. Требования к обеспечению характеристик эксплуатационной безопасности систем автоматизированного управления движением сельскохозяйственной техники» (утвержден и введен в действие 2 декабря 2021 г. N 1669-ст).

На наш взгляд, хотя перечисленные ПНСТ и ГОСТы являются важным шагом в обеспечении институциональной поддержки в области больших данных и искусственного интеллекта в России, они не в полной мере отвечают требованиям для стандартизации мониторинга зернового производства, поскольку

сконцентрированы на общих принципах обработки данных и не учитывают специфических потребностей, связанных с зерновым сектором. Как было показано, мониторинг представляет собой сложный и многоуровневый процесс, требующий специфических подходов к сбору, хранению, обработке, передаче и анализу данных, которые должны быть адаптированы к особенностям зернового производства и учитывать влияние множества разнообразных факторов, оказывающих воздействие на бизнес-процессы.

Но чтобы обеспечить полноту и производительность системы мониторинга, важно выработать и утвердить регламент, описывающий порядок формирования, управления и актуализации хранилищ данных, а также определить правила взаимодействия участников мониторинговых отношений при подготовке данных.

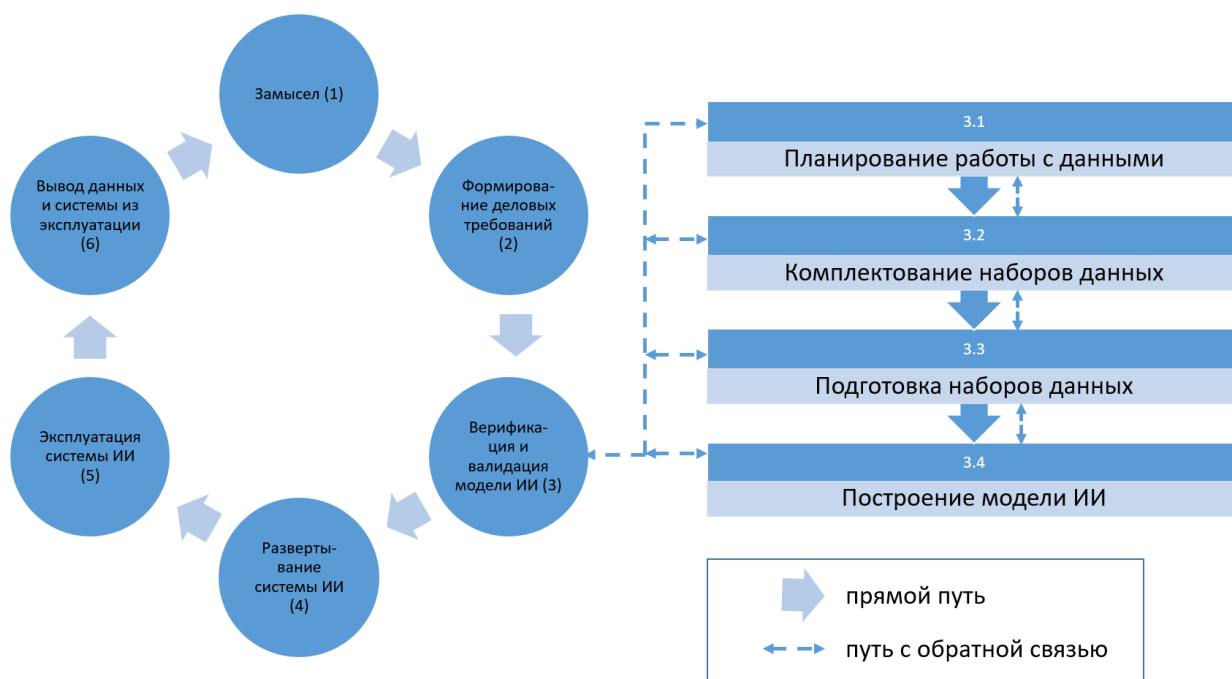


Рисунок 3.3 – Структура жизненного цикла данных для мониторинга производства зерна

Источник: составлено автором на основе [46]

В то же время не следует игнорировать уже сформированные положения. В частности, заслуживает внимания эталонная структура жизненного цикла

больших данных, определенная ГОСТ Р 70889-2023 для решения широкого круга задач, который может быть положен в основу жизненного цикла данных для мониторинга производства зерна (рисунок 3.3).

Согласно циклу, на стадии замысла происходит осознание задач или проблем, которые могут быть решены с помощью интеллектуальной системы. В контексте мониторинга на данном этапе осуществляется понимание потребностей сельскохозяйственной организации, определяются требования к цифровой мониторинговой системе, формулируются вопросы, на которые система должна дать ответы, согласованные с бизнес-целями и ключевыми показателями успеха. Задачи могут быть обусловлены экономическими, техническими, стратегическими, рыночными или законодательными требованиями.

На этапе формирования деловых требований участвуют заинтересованные стороны, такие как менеджеры, агрономы, ИТ-специалисты, инженеры и экономисты, которые обсуждают возможность внедрения ИИ в процесс мониторинга. Стороны обозначают цели проекта, формулируют видение и стратегию внедрения системы ИИ. Также на этом этапе с учетом потребностей конечных пользователей определяются имеющиеся и необходимые активы, специфицируются требования к данным, которые выступают ключевым элементом системы ИИ, а также дается оценка уровня компетенций этих пользователей.

Следующие три блока детерминируют работу с данными: планирование, комплектование, подготовка. Здесь определяется необходимый состав наборов данных для ответов на вопросы, выявленные на этапе формирования деловых требований, включая:

- определение доступных и необходимых данных, выявление возможности их повторного использования или необходимости приобретения, сбора, преобразования и создания новых данных;
- оценка требуемого объема для выполнения мониторинговых операций;

- идентификация источников, таких как датчики на полях, спутниковые и другие снимки, метеорологические станции, возможность создания синтетических данных для дополнения имеющихся;
- определение формата и структуры данных, необходимых для проведения анализа и принятия решений на основе полученной информации, а также к переходу к новым фазам интеллектуального цикла управления;
- требования к лицензированию, безопасности, комплектованию, достоверности, типу, способам хранения, достоверности данных для мониторинга.

Далее с использованием передовых практик управления обеспечением безопасности данные комплектуются и выполняется окончательная их подготовка перед использованием с применением следующих операций: очистка, инжинерия признаков, нормализация и масштабирование, разметка, обогащение, обезличивание.

Подготовленные данные используются для обучения и тестирования ИИ-модели ИИ с обязательной экспертной верификацией того, что результаты функционирования и производительность системы ИИ соответствуют ожиданиям стейкхолдеров. Фаза развертывания ИИ-системы включает ее запуск в целевой среде, предусматривающей выполнение несколько процессов, гарантирующих, что система работает должным образом. Эксплуатация системы цифрового мониторинга предполагает использование модели для генерации выходных данных на основе входных, а при необходимости возможность дополнительного обучения моделей на обогащенных данных.

Данные, которые больше не используются системой цифрового мониторинга, выводятся из эксплуатации посредством безопасного удаления, архивирования, перепрофилирования. Вывод самой системы интеллектуального мониторинга из эксплуатации включает в себя прекращение обработки данных и утилизацию компонентов системы, больше не используемых. На этом жизненный цикл данных завершается.

Ранее был проведен анализ институционального обеспечения инноваций в области мониторинга зернового производства, выражающегося в совокупности

норм и правил, регулирующих интеллектуализацию в стране. Однако институты в широком смысле включают также организационные структуры, которые поддерживают и внедряют эти правила на практике. Поэтому дальнейший анализ будет посвящен рассмотрению ключевых организаций, играющих решающую роль в продвижении и поддержке инноваций в этой сфере, включая государственные органы, научные учреждения, разработчиков ИИ и другие значимые структуры.

Анализ литературы [48, 52, 80, 211, 233, 236] позволил выделить шесть основных групп таких организационных институтов (таблица 3.2). Как следует из [74], международный индекс эффективности ИИ в России составил 42,9 (из 100 возможных), что отнесло страну по работе организационных институтов к третьей группе вместе с такими государствами, как Италия, ОАЭ и Индия.

В первую группу вошли США со значением 72,3, Китай – 68,5, Сингапур – 66,4 и др. Таким образом, деятельность организационных институтов в целом по стране можно оценить как среднюю.

Если, как показано ранее, работу института государственной власти можно оценить достаточно высоко, то работа института научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИР и НИОКР) в области искусственного интеллекта оставляет желать лучшего. Индекс исследований и разработок в сфере ИИ в России низкий и составляет всего 33, что косвенно свидетельствует о недостаточной интенсивности исследовательской работы и незначительном объеме научно-технических достижений в этой области (рисунок 3.4): Россия занимает 13-е место по вышедшим библиотекам и системам искусственного интеллекта, 12-е место – по опубликованным статьям по тематике (таблица 3.3). Значение индекса по коэффициенту «литература по управлению ИИ» также говорит о недостаточной развитости научной базы, ограниченном доступе к современным знаниям и инструментам в управлении ИИ.

Таблица 3.2 – Организационные институты в сфере ИИ

Наименование организационного института	Описание	Ключевые стейкхолдеры
Государство	Первичный институт, формирующий правила цифровизации во всех сферах и отраслях, включая зерновое производство и выступающий в роли основного регулятора и организатора данного процесса. Государство инициирует разработку соответствующего законодательства, установление нормативов и регламентов в области использования цифровых технологий, а также создание условий для развития и внедрения инновационных цифровых решений в зерновой комплекс	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство экономического развития Российской Федерации, Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Национальный центр развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации (НЦРИИ), Центр экспертизы по реализации федерального проекта «Искусственный интеллект» в составе Аналитического центра при Правительстве РФ, Правительственная комиссия по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности, Центр компетенций ИИ при работе над федеральным проектом «Искусственный интеллект» и взаимодействия с Правительством в реализации Национальной стратегии развития ИИ – ПАО «Сбербанк»
Вендоры разработчики ИИ-систем	и Предлагают аппаратные и программные средства, такие как датчики, дроны, спутниковые системы, программы аналитики данных и системы управления, использующиеся в процессе мониторинга зернового поля. Разработчики занимаются созданием и усовершенствованием программного обеспечения, на основе моделей и решений, подготовленных научными центрами, включая приложения для мобильных устройств, веб-платформы и облачные сервисы, программы для компьютеров	ПАО «Ростелеком», АО «ЭР-Телеком Холдинг», ЗАО «КРОК», ООО «Геоскан», ООО «ГК СКАНЭКС», ООО «Когнитив Роботикс», АО «ГЕОМИР», ООО «Диджитал Агро», ООО «Коннектом», ООО «АЛАН-ИТ», ООО «СИТИ-ФЕРМЕР», ООО «Диджитал Консалтинг Солюшнс», ООО «Матлелер», ООО «АссистАгро», ООО «Агродозор»

Продолжение таблицы 3.2

Наименование организационного института	Описание	Ключевые стейкхолдеры
Исследовательские центры и научные организации	Занимаются фундаментальными и прикладными исследованиями в области искусственного интеллекта, играют первичную роль в подготовке цифровых решений для мониторинга производства зерна, принимают участие в подготовке данных. Некоторые центры имеют образовательные программы, проводят семинары и консультации для сельхозпроизводителей, направленные на обучение эффективному использованию цифровых технологий в производственном процессе	ФГБУ «Центр цифровой трансформации в сфере АПК», ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Исследовательский центр в сфере ИИ НИУ ВШЭ, Исследовательский центр в сфере искусственного интеллекта Сколковского института науки и технологий, Исследовательский центр прикладных систем искусственного интеллекта МФТИ, ФГБУН Институт проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН, Исследовательский центр «Сильный искусственный интеллект в промышленности» Университета ИТМО, Исследовательский центр доверенного искусственного интеллекта ИСП РАН имени В. П. Иванникова, Исследовательский центр в сфере искусственного интеллекта на базе Университета Иннополис. Отраслевые научно-исследовательские организации, включая опытные станции и аграрные университеты, участвующие в процессах формирования требований и подготовке данных для цифровых мониторинговых систем в производстве зерна, центры мониторинга
Производители сельскохозяйственной техники	Поддерживают развитие интеллектуальных мониторинговых систем через интеграцию цифровых решений с сельскохозяйственной техникой (трактора, уборочная техника, опрыскиватели, посевная техника, что почвообрабатывающие машины), что способствует эффективному управлению операциями в поле, сокращению расходов на ресурсы, а также повышению точности и качества принимаемых решений	«Ростсельмаш», «Алтайские машиностроительные заводы» (АЛМАЗ), «Петербургский тракторный завод», VELES, «Брянсксельмаш», ООО «Комплекс Агро», Концерн «Тракторные заводы», «Воронежсельмаш» («Коблик Групп»), «КОЛНАГ», «Пегас-Агро»

Продолжение таблицы 3.2

Наименование организационного института	Описание	Ключевые стейкхолдеры
Финансовые институты и институты развития	Инвестируют проекты по разработке и внедрению систем мониторинга зернового производства на основе искусственного интеллекта, предоставляют финансовую поддержку аграрным предприятиям для внедрения подобных технологий	Россельхозбанк, фонд «Сколково», Фонд содействия инновациям, Российский фонд развития информационных технологий, Российский фонд прямых инвестиций, Фонд национальной технологической инициативы
Институт сельскохозяйственного консультирования	Предоставляет экспертные услуги и консультации для сельхозпроизводителей. Основные направления деятельности: внедрение передовых агротехнологий, управление ресурсами, цифровая трансформация и адаптация инновационных решений, включая искусственный интеллект и системы мониторинга в практику аграрного сектора. Институт также способствует распространению знаний и обучению фермеров и сотрудников агропредприятий, помогая им ориентироваться в современных трендах и методах ведения сельского хозяйства	Федеральные, региональные, районные центры сельскохозяйственного консультирования

Источник: разработано автором на основе [48, 52, 80, 211, 233, 236]

Таблица 3.3 – Рейтинг России в мировых показателях развития искусственного интеллекта

Показатель	Место (из 14)	Доля России в рейтинге, %	Доля страны-лидера в рейтинге, %
Опубликованные статьи по ИИ	12	0,6	33,3
Выданные патенты в области ИИ	4	3,3	50,9
Рейтинг суперкомпьютеров	9	1,1	64
Объем финансирования ИИ-компаний	13	0,1	63,1
Количество стартапов в сфере ИИ	13	0,6	51,5
Количество дата-центров	11	1,6	56,8
Вышедшие библиотеки и системы по ИИ	13	0,2	63,7
Количество специалистов по ИИ	12	0,4	34,8

Источник: разработано автором на основе [74, 241]

Россия занимает четвертое место в рейтинге по количеству зарегистрированных патентов в области ИИ, что свидетельствует о высоком уровне научной и изобретательской активности. Однако вследствие низкой коммерциализации научных разработок и слабого взаимодействия изобретателей с бизнесом существенной проблемой является большое количество недействующих патентных портфелей. К основным причинам этого можно отнести недостаток механизмов трансфера технологий, сложность с привлечением инвестиций на стадии внедрения изобретений, ограниченный доступ разработчиков к рынкам, а также отсутствие стратегии масштабирования научных решений для их практического применения в реальных производственных условиях. В результате многие перспективные разработки, обладающие высоким потенциалом, остаются невостребованными, теряя свою актуальность и не достигая массового применения, что не только замедляет развитие высокотехнологичных решений, но и снижает общий инновационный потенциал страны.

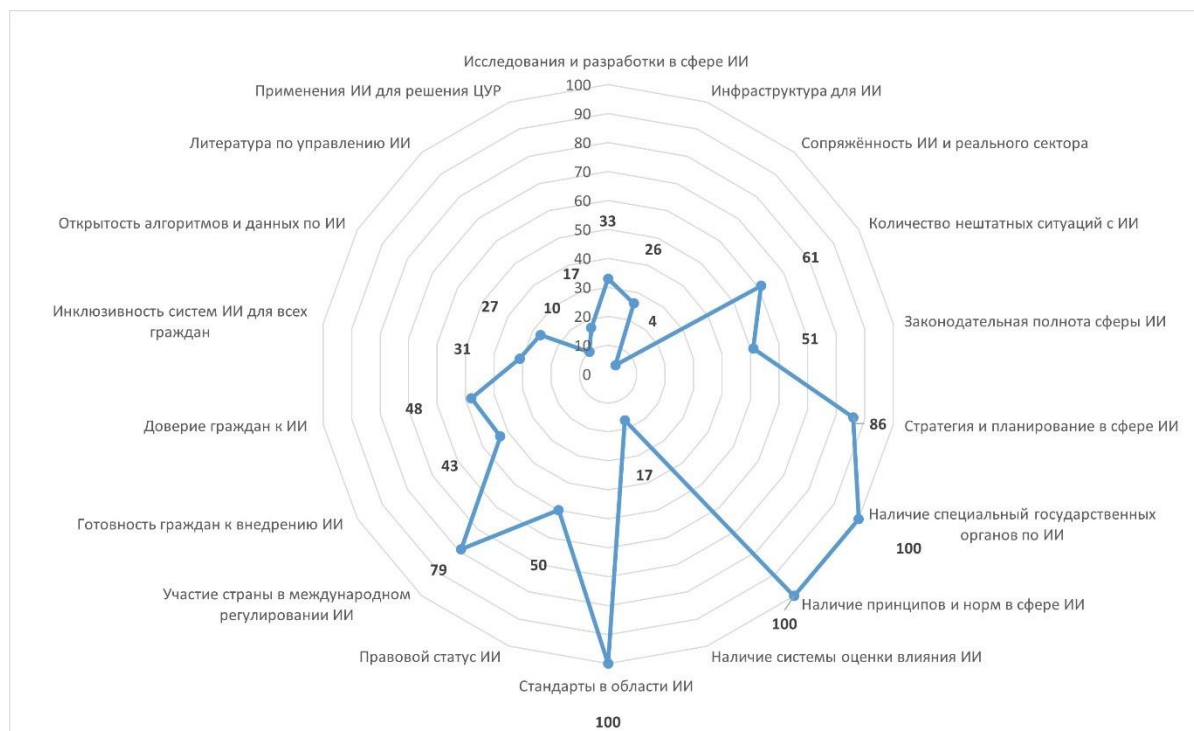


Рисунок 3.4 – Показатели России в индексе эффективности искусственного интеллекта в 2023 г.

Источник: разработано автором на основе [74]

Анализ текущего состояния финансовых институтов и институтов развития в области искусственного интеллекта в России показывает, что данные компоненты институциональной среды слабо развиты. Объем финансирования компаний, занимающихся разработкой ИИ, оценивается низко – Россия занимает 13-е место из 14 стран, что существенно ограничивает возможности для расширения и внедрения новых технологий, снижая темпы развития ИИ-сектора, в том числе в зерновой отрасли. Недостаток финансирования оказывает прямое влияние на потенциал внедрения инновационных решений в мониторинг производства зерна. Например, такие системы, как прогнозирование фитосанитарного состояния, управление питанием и состоянием почв, а также контроль за урожайностью, требуют значительных инвестиций и поддержки для масштабирования, что в настоящее время трудно осуществить из-за недостатка капитала и механизмов привлечения инвестиций.

Россия также занимает предпоследнее место по количеству стартапов в сфере ИИ, что указывает на недостаточную поддержку предпринимательской активности и

инновационных инициатив. Низкий уровень инвестиций, необходимых для создания и масштабирования новых компаний и проектов, ведет к дефициту новых идей и инструментов мониторинга, что негативно сказывается на конкурентоспособности зернового производства России на международной арене. Поскольку системы мониторинга, использующие ИИ, могут существенно повысить производительность и обеспечить конкурентное преимущество, недостаток стартапов и финансовой поддержки в этой сфере препятствует развитию новых подходов, таких как автоматизированные платформы наблюдения за посевами, системы раннего оповещения о патогенных угрозах и интегрированные сервисы анализа данных для агрономов.

Дополнительной проблемой остается недостаточная развитость ИИ-инфраструктуры (26 баллов по индексу), при этом по количеству дата-центров Россия занимает лишь 11-е место. Ограниченность инфраструктуры, необходимой для обработки и хранения больших объемов данных, ограничивает реализацию высокотехнологичных проектов, особенно тех, которые требуют мощных вычислительных ресурсов. Для аграрного сектора это означает ограничение в доступе к облачным платформам, которые могли бы поддерживать аналитические решения для мониторинга зерна в реальном времени, а также в развитии систем, обрабатывающих данные, получаемые с дронов и спутников.

И наконец, низкий уровень доверия граждан к искусственному интеллекту и цифровым технологиям в России усложняет процесс интеллектуализации бизнес-процессов зернового производства, что связано с недостаточной информированностью аграриев о преимуществах и рисках использования искусственного интеллекта, а также с мифами и стереотипами, существующими в обществе относительно данной технологии. Многие товаропроизводители пока не осознают, каким образом ИИ может повысить эффективность их работы. Решение проблемы видится в развитии института консультирования в отрасли производства зерна, способствующего донесению информации о преимуществах, возможностях и рисках использования цифровых технологий, а также помощи аграриям по вопросам, связанным с внедрением и реализацией ИИ-решений в их повседневной жизни и бизнесе.

3.2 Информационно-консультационное обеспечение мониторинга зернового производства

В условиях перехода отечественного зернового комплекса на цифровой путь развития важной задачей становится развитие функционирующей информационно-консультационной службы (далее – ИКС), помощь хозяйствующим субъектам отрасли зернового производства, а также всем заинтересованным сторонам обмениваться правовой, экономической, производственно-технологической информацией и оперативно получать ответы на возникающие вопросы в процессе внедрения и использования цифровых систем с минимальными затратами времени и средств.

Система аграрного консультирования служит ключевым инструментом для трансфера инноваций от разработчиков к сельским товаропроизводителям. Через консультационные службы распространяется информация о новшествах посредством специализированной литературы, Интернета, радио, телевидения и новых технологий на демонстрационных площадках, а также внедряют инновационные проекты в аграрное производство. Специалисты, предоставляющие профессиональные консультационные услуги, помогают сельским товаропроизводителям и населению развивать производство и повышать уровень жизни в сельской местности.

На сегодняшний день ИКС в АПК имеет трёхуровневую структуру, обеспечивающую взаимодействие и передачу знаний между различными уровнями управления и поддержки зернового комплекса [123]. Главными организациями в существующей системе ИКС определены: Министерство сельского хозяйства РФ (Департамент научно-технологической политики и образования), Федеральный центр сельскохозяйственного консультирования – подразделение Российской академии кадрового обеспечения АПК (ФЦСК), Центр обучения кадров информационно-консультационной службы при РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева (ЦОК ИКС АПК) (рисунок 3.5).

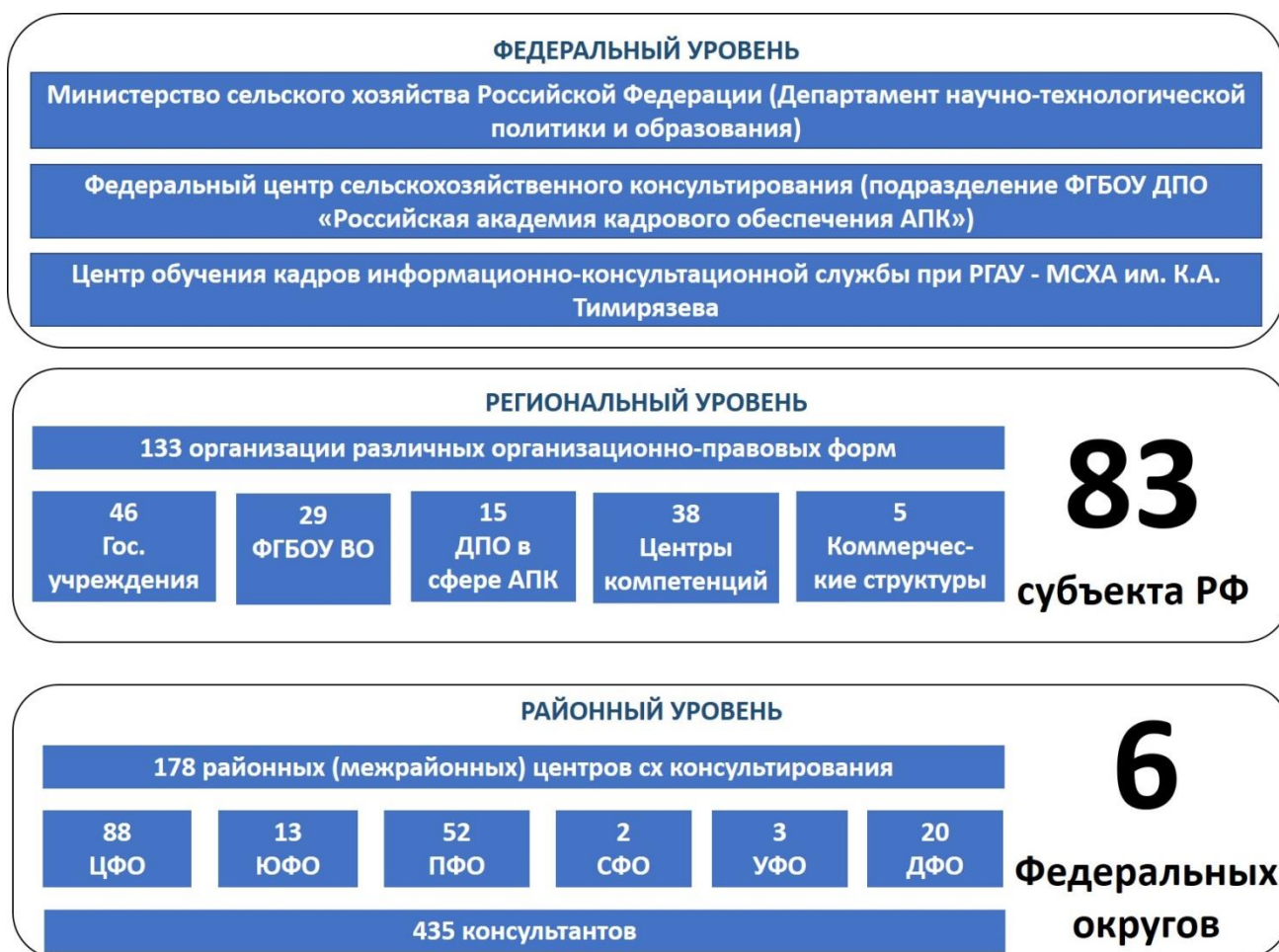


Рисунок 3.5 – Структура ИКС в России

Источник: разработано автором на основе [129, 130]

К функциям ИКС федерального уровня относятся:

– разработка и координация стратегий и программ для решения проблем, имеющих общенациональную значимость, в том числе подготовка законодательных актов в области национальной аграрной политики;

– создание и распространение методических материалов, рекомендаций и инструкций для обеспечения единых стандартов работы региональных служб, включая работу механизма обратной связи между ИКС и сельскохозяйственными организациями; методы планирования, учитывающие специфику регионов и актуальные условия; методы реализации программ, которые основаны на психологических аспектах восприятия, познания и изменения мотиваций сельскохозяйственных производителей;

– инициация и поддержка совместных проектов с научными организациями и вузами, направленных на решение практических задач сельскохозяйственных производителей, создание консультационных советов и экспертных групп, включающих представителей науки, образования и практики для координации научных исследований и внедрения их результатов.

Региональный уровень системы сельскохозяйственного консультирования представлен структурами, выполняющими функции региональных (республиканских, краевых, областных) центров сельскохозяйственного консультирования субъектов РФ, работающих под руководством органов управления агропромышленного комплекса регионов. Региональные центры активно взаимодействуют с поставщиками информации и предоставляют практическую помощь товаропроизводителям в освоении инновационных технологий и передового производственного опыта, а также в принятии и реализации управленческих, организационно-экономических и технических решений [49, 50].

Независимо от организационно-правовых форм региональные центры выполняют следующие основные функции:

- руководство организационно-методической деятельностью консультационных служб на уровне субъекта Российской Федерации;
- предоставление районным центрам сельскохозяйственного консультирования рекомендаций по передовым технологиям и инновационным проектам, направленным на повышение эффективности сельскохозяйственного производства;
- консультации для сельских товаропроизводителей и местного населения по различным вопросам;
- участие в создании демонстрационных полей и ферм для внедрения и популяризации новых технологий и инноваций;
- сбор данных и анализ деятельности региональной системы сельскохозяйственного консультирования для формирования показателей эффективности;

- мониторинг и разработка механизмов обратной связи с сельскохозяйственными товаропроизводителями на региональном уровне для анализа их проблем и прогнозирования потребностей в консультационных услугах;

- взаимодействие с федеральными структурами системы сельскохозяйственного консультирования.

Основная работа по информационно-консультационной поддержке сельских товаропроизводителей осуществляется на местном уровне, представленном районными (межрайонными) центрами сельскохозяйственного консультирования. Районные центры напрямую работают с сельскими товаропроизводителями, предоставляя им консультации по внедрению инновационных технологий и передового производственного опыта, оказывая поддержку в принятии управленческих, организационно-экономических и технических решений, выступая важным фактором содействия развитию зернового сектора АПК [50, 67].

К функциям районных центров относятся:

- распространение информации о новых методах хозяйствования и прогрессивных технологиях, а также помощь в их освоении;

- использование баз данных и знаний всех уровней, а также собственных знаний специалистов района для оперативного ответа на запросы аграрных производителей;

- помощь в разработке бизнес-планов и подаче заявок на государственную поддержку или инвестиции;

- реализация программ освоения инноваций на данной территории;

- консультации по выбору и использованию программного обеспечения для управления сельскохозяйственным производством;

- оказание помощи товаропроизводителям в принятии управленческих и других решений.

В 2021 г. консультационные услуги в сфере АПК и развития сельских территорий на региональном уровне оказывали 133 организации в 83 субъектах

Российской Федерации. Последние представлены 46 государственными (бюджетными, казенными) учреждениями, 29 федеральными государственными образовательными учреждениями высшего образования; 15 учреждениями дополнительного профессионального образования в сфере АПК, 38 центрами компетенций в сфере развития сельскохозяйственной потребительской кооперации и поддержки фермеров на базе структурных подразделений фондов поддержки предпринимательства (бизнеса) и подразделений различных агентств по развитию предпринимательства, 5 коммерческими структурами [129].

Представленное на рисунке 3.6 распределение кадрового состава позволяет оценить его профильную структуру.

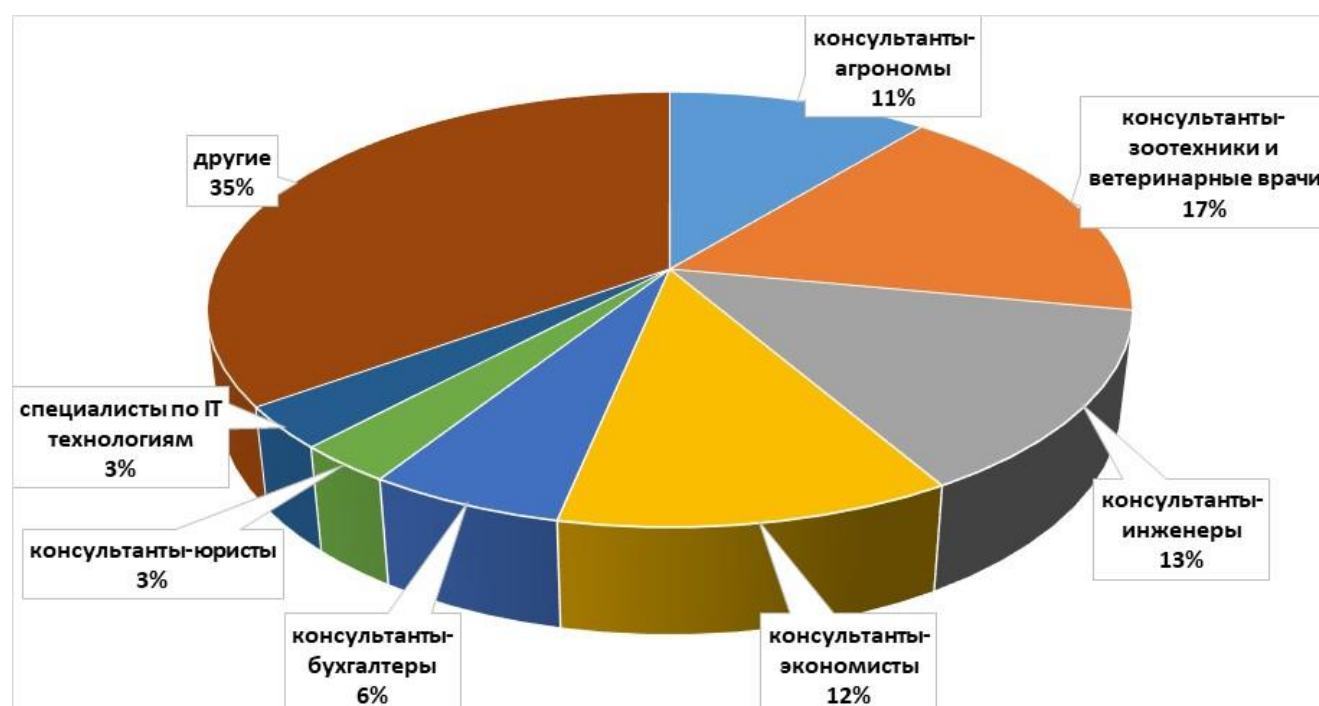


Рисунок 3.6 – Кадровый состав консультационной службы в 2021 г.

Источник: составлено автором на основе [129]

Всего в организациях, оказывающих консультационные услуги в АПК, в 2021 г. было задействовано 3 529 специалистов, из них на постоянной основе в системе ИКС трудились 2 553 консультанта, на условиях совмещения – 976 чел. Наибольшее число специалистов задействовано в: животноводстве – 604 чел.,

агрономии – 385 чел., инженерном и экономическом консультировании – 480 и 410 чел. соответственно.

К самым востребованным направлениям консультационной помощи и обучающих мероприятий в 2021 г. относились: растениеводство (17 %), государственная поддержка (17 %), животноводство (14 %). Кроме того, были проведены консультации по экономике и организации производства (9,0 %), бухгалтерскому учету (8,0 %), юридическим вопросам (4,1 %) и механизации технологических процессов (3,7 %) (приложение Е). Заметим, что на долю цифровизации и информатизации сельского хозяйства пришлось менее 2 % оказанных ИКС-услуг (рисунок 3.7).

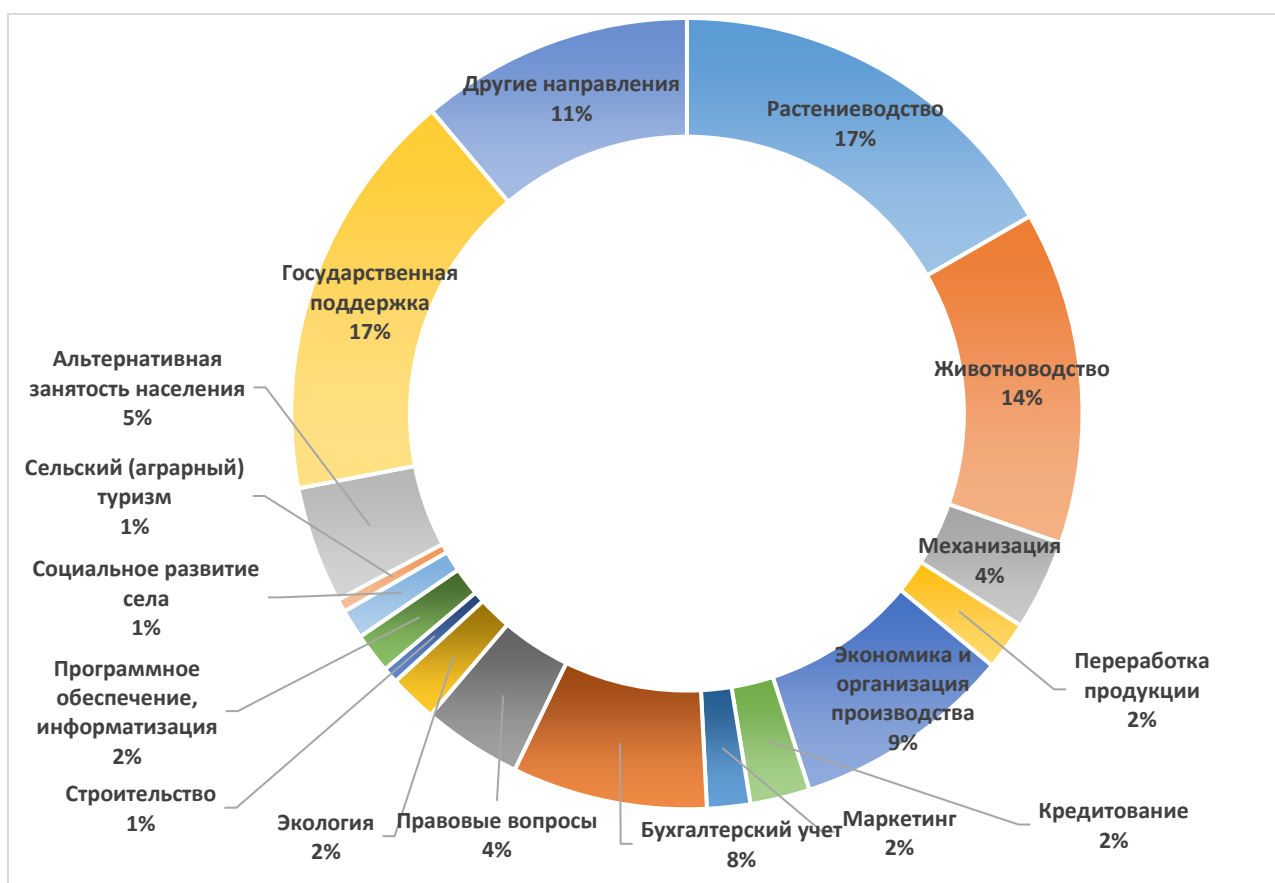


Рисунок 3.7 – Структура оказанных консультационных услуг в 2021 г.

Источник: составлено автором на основе [129]

Консультации в условиях цифровизации особенно актуальны, так как сельскохозяйственное производство охватывает множество бизнес-процессов – от

мониторинга состояния посевов и управления техникой до планирования логистики и анализа рынков. На рынке также представлено огромное количество цифровых решений, различающихся по функционалу, стоимости и сложности внедрения. В этих условиях ИКС может сыграть ключевую роль, предоставляя агробизнесу квалифицированную помощь в определении приоритетных направлений цифровизации бизнес-процессов и в выборе подходящих цифровых решений.

В 2021 г. с участием консультационной службы в реальный сектор агропромышленного производства было внедрено 863 инновационных продукта. Из них 403 инновации пришлись на растениеводство, 246 – на животноводство и 214 – на экономику и организацию производства. По категориям хозяйств с помощью информационно-консультационных центров инновации были внедрены в 308 сельскохозяйственных организациях, 198 крестьянских (фермерских) хозяйствах, 201 личном подсобном хозяйстве населения, а также в 156 организациях иных организационно-правовых форм.

Приведенные данные показывают, что на сегодняшний день в АПК создан и функционирует в едином информационно-правовом пространстве институт сельскохозяйственного консультирования, ориентированный на повышение эффективности производства и продвижение инновационных проектов в аграрную сферу, являясь одним из основных инструментов реализации государственной агропродовольственной политики.

Тем не менее, в условиях быстро меняющегося аграрного ландшафта и необходимости оперативного реагирования на изменения в производственных условиях важнейшим параметром предоставления консультаций становится скорость. Особенно это касается проведения мониторинга производственных процессов, где скорость принятия решений служит критическим параметром, и задержка в предоставлении консультаций может привести к упущенным возможностям и снижению рентабельности всей производственной деятельности.



Рисунок 3.8 – Процесс предоставления консультационных услуг в системе ИКС

Источник: разработано автором на основе регламента предоставления консультационных услуг [2]

Существующий регламент предоставления услуги сельскохозяйственного консультирования может быть представлен в виде бизнес-процесса, включающего 5 базовых групп действий (рисунок 3.8):

- 1) потребитель консультационной услуги обращается к сельскохозяйственному консультанту лично, по почте или через электронные средства связи с заявлением, в котором указывается суть потребности в консультационной услуге и ее соответствие установленному перечню;
- 2) заявление регистрируется в журнале учета заявлений, где фиксируются дата подачи, данные заявителя и содержание запроса;
- 3) после регистрации заявления уполномоченное лицо ИКЦ в течение 3 рабочих дней рассматривает его и назначает конкретного консультанта для подготовки необходимого материала с указанием максимального срока выполнения, что также фиксируется в журнале;
- 4) подготовка материала определяется по существу заявления потребителя в соответствии с Примерными нормативами трудоемкости оказания консультационных услуг сельскохозяйственным товаропроизводителям и сельскому населению; максимальный срок подготовки материала отмечается в журнале;
- 5) подготовленная информация или иной консультационный продукт предоставляется потребителю на бумажном носителе и/или в электронном виде, о

чем консультант делает соответствующую запись в журнале, указывая форму и содержание оказанной услуги.

Анализ регламента показывает, что процесс предоставления консультационных услуг в текущем виде обладает явными недостатками, которые делают его архаичным и излишне бюрократизированным. Сам процесс обращения потребителя к консультанту, будь то лично, по почте или через электронные средства связи, начинается с избыточного формализма. Регистрация заявления в журнале учета, где фиксируются дата подачи, данные заявителя и содержание запроса, представляет собой устаревшую практику, которая добавляет ненужные административные шаги и задерживает дальнейшие действия. Трехдневный срок для рассмотрения заявления создает излишние задержки, что особенно проблематично в случаях, когда потребность в консультации возникает внезапно или в условиях, требующих немедленного вмешательства. В течение этого времени информация может устареть, а вопросы, требующие быстрого решения, стать нерелевантными или усугубиться. Наконец, этап предоставления консультационного продукта в бумажном виде или на электронном носителе, последующая запись в журнале также характеризуются медленной скоростью и избыточным формализмом. Этот этап, несмотря на кажущуюся организацию, значительно замедляет процесс из-за многочисленных формальностей и задержек, что приводит к увеличению общего времени ожидания потребителя.

Оптимизация процесса предоставления услуги может проходить по нескольким направлениям. Вместо того чтобы подавать заявки лично или по почте, можно использовать современные клиентские сервисы и онлайн-платформы, поддерживающие возможность загрузки документов, отчетов и рекомендаций, что значительно повысит удобство и ускорит процесс обмена информацией между пользователем и консультационной службой. Регистрация заявок и отслеживание их статуса также можно перенести в электронные системы, такие как CRM, которые позволят автоматически фиксировать и обновлять информацию, исключая необходимость ведения бумажных журналов и минимизируя вероятность ошибок.

Однако наибольший эффект может быть достигнут за счет внедрения в работу ИКС систем генеративного искусственного интеллекта, обладающего огромным потенциалом, так как способен значительно усовершенствовать самый главный этап всего процесса – подготовку консультационной услуги. Внедрение генеративного ИИ не только сократит время на подготовку консультационных материалов, но и в некоторых случаях повысит их точность и актуальность.

Генеративные модели являются самым быстрорастущим сегментом рынка ИИ. Ожидается, что за ближайшие 10 лет рынок генеративных моделей увеличится в 20 раз – с 8,65 млрд дол. в 2022 г. до 188 млрд дол. к 2032 г. Данный рост обусловлен быстрым увеличением доступной вычислительной мощности и появлением больших наборов данных за последние пять лет, что решит задачи, которые раньше считались неразрешимыми для машин. Другим важным фактором качественного роста возможностей ИИ стало появление в 2017 г. новой архитектуры моделей ИИ – трансформеров, представляющих собой мощное сочетание инновационных идей, которые значительно улучшили возможности моделей машинного обучения. Самовнимание, параллелизация, многоголовое внимание и другие особенности делают трансформеры очень эффективными, позволяя решать сложные задачи, которые раньше были недоступны для нейронных сетей.

Согласно кривой инноваций Gartner за 2023 г., технология генеративного моделирования находится на пике завышенных ожиданий и выйдет на плато продуктивности через 2–5 лет, что указывает на значительный интерес и ожидания со стороны бизнеса и исследователей, а также на предстоящий этап стабилизации и оптимизации технологий.

В генеративном ИИ на сегодняшний день наиболее развит сектор работы с текстами, имеющий наибольший потенциал для улучшения информационно-консультационной службы. Одним из самых известных примеров генеративного ИИ является модель GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) от OpenAI, способная создавать связный и контекстуально уместный текст на основе введенных пользователем данных. Созданный с ее помощью чат-бот GPT-3

привлек более 1 млн пользователей за 5 дней с момента запуска и 100 млн пользователей менее чем за три месяца. Уже сегодня GPT-3 и конкурирующие модели удовлетворительно справляются с такими задачами, как написание писем в заданном стиле и маркетинговых материалов, реферирование текста, составление ответов на типичные обращения в службы клиентской поддержки. Среди альтернативных решений на рынке можно выделить *LaMDA* от *Google*, *OPT-175B* от *Meta*, *Megatron-Turing* от *NVIDIA* и *Microsoft*, *Jurassic-1* от *AI21labs*, а также набирающую популярность *DeepSeek-V3* (Китай), которая демонстрирует растущую конкурентоспособность в области искусственного интеллекта и обработки естественного языка. Наконец, в июне 2022 г. Яндекс представил для разработчиков отечественную крупную языковую модель *YaLM*, которая способна генерировать текст, отвечать на вопросы, делать переводы и выполнять другие задачи, аналогичные моделям *OpenAI*. Для ее обучения было использовано 1,7 ТБ текстов, а сам процесс подбора оптимальных значений 100 млрд параметров занял 65 дней, при этом использовалось 800 графических ускорителей *A100*.

Выделим некоторые направления использования интеллектуальных генеративных систем в процессе информационно-консультационного обеспечения мониторинга производства зерна. Для иллюстрации их возможностей была выбрана специализированная версия *ChatGPT 4.0 – AgriGPT*, ориентированная на предоставление информации и консультаций по вопросам, связанным с сельским хозяйством (рисунок 3.9).

AgriGPT предоставляет подробную информацию о выращивании зерновых культур, в том числе рекомендации по выбору сортов, учитывая адаптированность культур к конкретным климатическим условиям и требованиям рынка, внесению органических и минеральных удобрений. Учитывая погодные условия для заданного региона и возможные риски, такие как поздние заморозки или засуха, данная версия прогнозирует оптимальное время посева, определяет схему защитных мероприятий от болезней и вредителей, включая методы профилактики и борьбы с основными угрозами.



Рисунок 3.9 – Возможности AgriGPT в системе информационно-консультационного обеспечения мониторинга производства зерна

Источник: разработано автором

Внедрение *AgriGPT* и подобных ей систем в работу ИКС для сопровождения и поддержки процесса управления производством зерна требует комплексного подхода, который был декомпозирован на шесть этапов (рисунок 3.10).

Анализ требований и планирование – первый и один из самых важных этапов интеграции GPT в систему информационно-консультационного обеспечения производства зерна. На данном этапе необходимо четко сформулировать, какие задачи будет решать система с интегрированной моделью GPT (совершенствование качества консультаций путем автоматизации ответа на сложные вопросы, требующие анализа больших объемов данных; автоматизация рутинных задач, таких как ответы на часто задаваемые вопросы, что позволит сэкономить время консультантов, и т.д.). Важным аспектом успешной интеграции является определение целевой аудитории и ее потребностей. Необходимо оценить, кто будет использовать систему (товаропроизводители, агрономы, исследователи), каковы их потребности и ожидания, провести интервью и опросы для сбора требований и разработки удобного интерфейса.

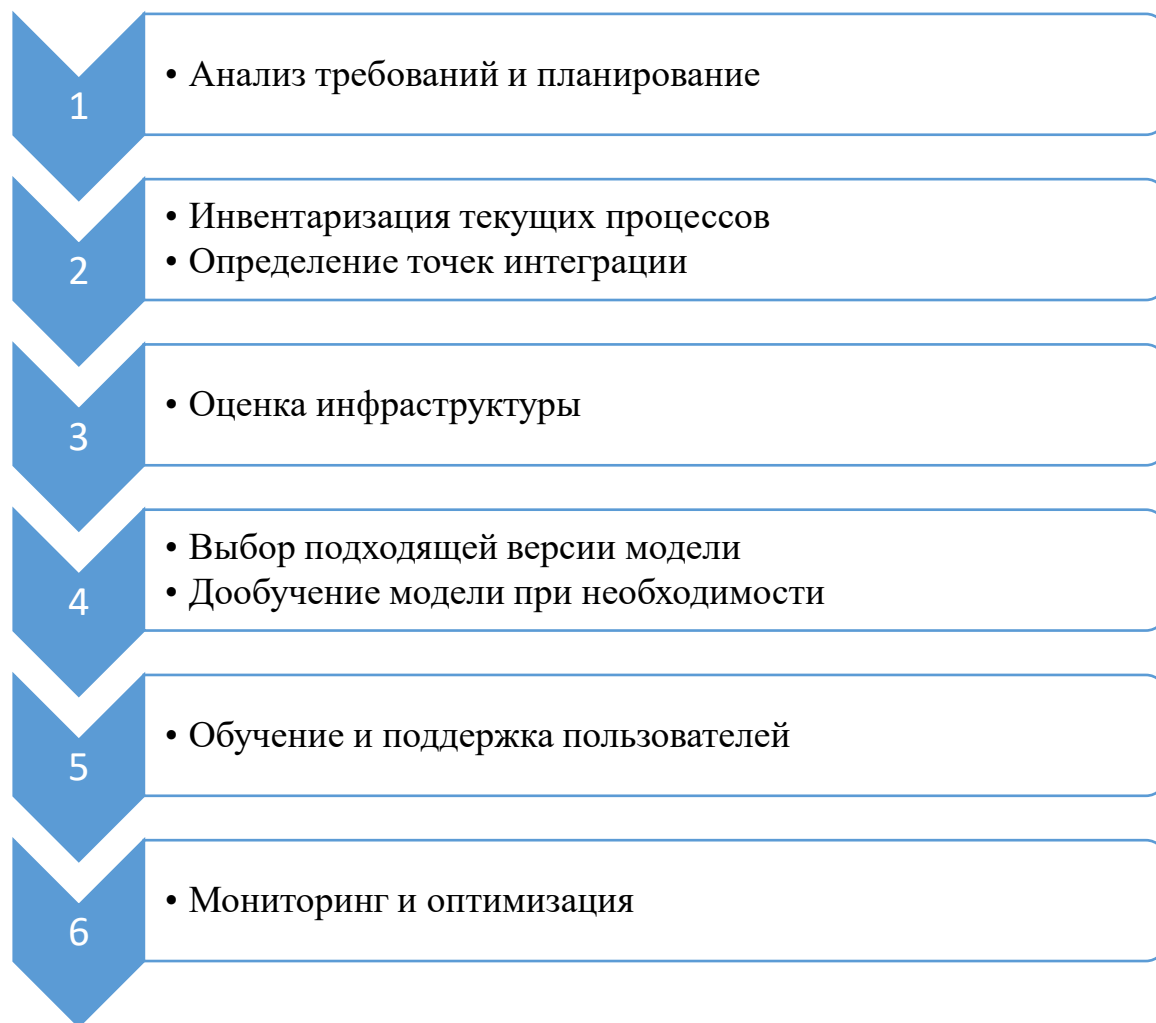


Рисунок 3.10 – Проект внедрения модели генеративного ИИ в ИКС мониторинга зернового производства

Источник: разработано автором

Пользователю для работы модели GPT не нужны значительные вычислительные ресурсы, поскольку основная нагрузка выполняется на серверах OpenAI, а доступ к модели осуществляется через API. Тем не менее, есть несколько аспектов, которые следует учитывать при оценке необходимой инфраструктуры:

– данные до и после загрузки необходимо хранить и обрабатывать локально на собственном устройстве, несмотря на то, что основная часть вычислений выполняется на стороне OpenAI;

- для взаимодействия с API требуется стабильное и быстрое интернет-соединение, поскольку запросы к модели и получение ответов происходят через сеть, стабильность соединения может влиять на время отклика системы;
- за использование генеративного ИИ взимается плата, которая зависит от числа запросов и версии используемой модели.

На основе анализа технических требований и выбора наиболее подходящей версии модели GPT важно провести её настройку для обработки специфических запросов, релевантных тематике мониторинга зернового производства. В некоторых случаях базовая версия модели может не обладать достаточными знаниями для эффективного решения узкоспециализированных задач. В таких ситуациях требуется дообучение модели на дополнительных данных, соответствующих потребностям зерновой отрасли. Это может быть информация о различных культурах, методах обработки почвы, болезнях, данные о климате и пр.

OpenAI предоставляет несколько вариантов использования своих моделей, включая возможность дообучения или настройки (*fine-tuning*) на основе специфических данных и потребностей. Данный процесс может занять определенное время, но результаты этого этапа позволят создать высокоэффективную систему, адаптированную к специфике зернового хозяйства. Кроме того, чтобы поддерживать актуальность и точность предоставляемых рекомендаций, важно проводить регулярное обновление модели по мере накопления новых данных и изменений в зерновой отрасли. В процессе дообучения должна учитываться обратная связь от пользователей системы, что способствует выявлению слабых мест цифровой системы и улучшению качества консультаций.

Успешное внедрение технологии зависит от того, насколько эффективно пользователи смогут использовать её возможности в повседневной работе. После интеграции GPT в систему ИКС следующим этапом является обучение и поддержка пользователей, которые будут взаимодействовать с системой. Важно, чтобы консультанты и работники информационной службы были хорошо подготовлены к использованию новой технологии. При этом немаловажна

подготовка учебных материалов – подробных руководств, инструкций и видеоматериалов, поясняющих, как пользоваться системой. Также материалы должны быть доступны и понятны пользователям с разным уровнем технической подготовки. Для обеспечения полноценного обучения рекомендуется организовывать тренинги и семинары для сотрудников консультационной службы. Тренинги должны включать как теоретическую часть, где объясняются принципы работы модели, так и практические занятия, где сотрудники смогут научиться задавать правильные запросы и интерпретировать ответы модели.

После прохождения обучения необходимо организовать систему обратной связи и поддержки пользователей, которая поможет выявить возникающие проблемы и вопросы. Горячая линия или чат будут способствовать обеспечению оперативной помощи пользователям в случае затруднений, что даст возможность консультантам и работникам информационной службы оперативно получать ответы на вопросы и продолжать работу с системой.

По мере развития и обновления модели следует проводить регулярные обновления учебных материалов и повторные тренинги для пользователей. Это обеспечит высокий уровень знаний и навыков, что особенно важно при внедрении новых функций или при изменении алгоритмов работы модели. Создание форумов или онлайн-сообществ, где пользователи могут обмениваться опытом, задавать вопросы и получать советы от коллег и специалистов, способствует более быстрому распространению знаний и решению проблем, обмену опытом и совершенствованию навыков взаимодействия с системой.

Несмотря на очевидные преимущества и высокий потенциал внедрения систем генеративного ИИ в консультационную службу зернового сектора, важно оценить возможные риски и вызовы, первый из которых относится к технологии генеративного ИИ как таковой. Хостинг и поддержка моделей, таких как ChatGPT, являются весьма дорогими. По оценкам специалистов, ежедневные расходы на эксплуатацию ChatGPT составляют около 100 000 дол. (на начало декабря 2022 г.), и, вероятно, эта цифра увеличилась с тех пор. Дополнительное финансирование Microsoft в размере 10 млрд дол. для OpenAI и эксперименты OpenAI с платной

версией ChatGPT свидетельствуют о высоких затратах на содержание и эксплуатацию таких моделей.

На июнь 2024 г. стоимость расширенной (командной) подписки ChatGPT 4.0 выросла на 25 % с начала года и составила 25 дол. на человека в месяц. В связи с этим необходимо тщательно оценить все затраты, связанные с внедрением и эксплуатацией ChatGPT, разработать подробный бюджет. Важно рассмотреть возможность использования более экономичных альтернативных вариантов моделей ИИ, которые могут удовлетворить нужды консультационной службы. Возможно, для некоторых задач подойдут менее мощные и более доступные модели. Следует не забывать и о сотрудничестве с технологическими компаниями, которые могут предоставить специализированные решения для сельскохозяйственного сектора, а также об участии в программах пилотного внедрения новых технологий, что снизит затраты и обеспечит доступ к новым инструментам и ресурсам.

Кроме того, поддержка работы современных моделей требует значительных затрат энергии. Так, один раунд тренировки для самых крупных моделей может стоить миллионы долларов в виде затрат на электроэнергию. До 2010 г. требования к объёмам вычислений росли приблизительно в соответствии с законом Мура, согласно которому вычислительные мощности удваивались каждые полтора года. Однако с появлением больших моделей темп роста резко возрос. С 2010 по 2022 г. объём вычислений, необходимых для обучения одной модели, увеличился в 10 млрд раз. Налицо экспоненциальный рост затрат, которые в итоге понесут конечные пользователи системы.

Помимо постоянно растущих требований к вычислительным мощностям, а, следовательно, и затрат конечных пользователей, существуют иные риски, которые могут затормозить развитие рынка генеративных ИИ. В среднесрочной перспективе будет сложно отделить тексты, составленные людьми, от сгенерированных машинами, которые будут попадать в обучающую выборку самих нейросетей и приводить к тому, что модель прекратит извлекать новое из поступающей информации и будет лишь укреплять уже сложившиеся паттерны.

Иными словами, модель может «буксовать» на месте, переставая развиваться и улучшаться.

Существует риск утечек и несанкционированного доступа к конфиденциальным данным клиентов, включая персональные данные, финансовую отчетность и другие закрытые сведения, связанные с профессиональной деятельностью. При обучении на больших объемах данных модели могут случайно запоминать и воспроизводить личную информацию пользователей, что нарушает требования конфиденциальности и безопасности данных [272]. Также модели часто обучаются на материалах, защищённых авторскими правами, это вызывает юридические споры об использовании контента и интеллектуальной собственности, особенно в творческих индустриях [280]. Для предотвращения таких ситуаций должны быть приняты меры по защите данных, разработана политика по работе с конфиденциальной информацией, ее использованием в обучающих выборках, включая использование отдельных хранилищ и систем для обработки данных, обезличивание информации, псевдонимизацию, дифференциальную конфиденциальность и другие методы. Например, последний метод позволяет анализировать и использовать данные так, чтобы невозможно было определить информацию о конкретных индивидах. Например, при использовании данных для обучения модели к результатам добавляется шум, что затрудняет идентификацию отдельных людей в исходных выборках. При этом, даже имея доступ к обученным данным, будет невозможно узнать о конкретных действиях или характеристиках отдельных пользователей.

Таким образом, программа развития информационно-консультационной службы мониторинга зернового производства должна быть рассчитана на три этапа (таблица 3.4).

Первый, текущий, этап ориентирован на применение современных информационных технологий. Его ключевые задачи – повышение оперативности и качества консультаций за счет оптимизации существующих процессов, обучение специалистов использованию цифровых инструментов, а также улучшение взаимодействия консультантов и производителей.

Таблица 3.4 – Стратегический план развития информационно-консультационной службы мониторинга зернового производства

Этап	Основной фокус	Основные задачи	Ожидаемые результаты
Текущий	Частичная автоматизация основных бизнес-процессов	Автоматизация подачи заявок, внедрение клиентских онлайн-сервисов и платформ для подачи заявок, загрузки документов и получения рекомендаций Внедрение цифровых систем взаимоотношения с клиентами для регистрации и отслеживания заявок, минимизация ошибок, исключение бумажных и электронных журналов регистрации Обучение специалистов, повышение цифровой грамотности сотрудников Оптимизация взаимодействия с потребителями услуги, повышение качества консультаций	Сокращение времени обработки заявок, увеличение скорости реагирования Снижение ошибок в документации и оптимизация документооборота Совершенствование взаимодействия с потребителями услуг и повышение прозрачности работы консультационной службы
Среднесрочный	Интеграция элементов искусственного интеллекта	Интеграция генеративных ИИ-систем для персонализированных рекомендаций и оперативных ответов Внесение изменений в рабочие процессы и создание протоколов взаимодействия между консультантами и ИИ Тренинги по работе с ИИ для консультантов Разработка метрик для оценки влияния ИИ на качество консультаций, время обработки заявок и удовлетворенность пользователей	Повышение точности и оперативности консультаций Увеличение пропускной способности службы за счет автоматизированных ответов на типовые запросы Более точные прогнозы и таргетированные рекомендации

Продолжение таблицы 3.4

Этап	Основной фокус	Основные задачи	Ожидаемые результаты
Долгосрочный	Тотальная цифровизация и интеллектуализация бизнес-процессов ИКС	Разработка платформы, интегрированной с производственными данными Интеграция платформы с государственными информационными системами, создание единого информационного пространства Полная автоматизация аналитики, использование ИИ и машинного обучения для автоматического анализа данных и формирования рекомендаций Разработка моделей для прогнозирования изменений в производственных процессах и выдачи рекомендаций по предотвращению рисков	Существенное повышение устойчивости и эффективности работы службы Способность к масштабированию и обслуживанию большего числа пользователей Внедрение предиктивной аналитики для предупреждения изменений в производственных процессах

Источник: составлено автором

Второй, среднесрочный, этап предполагает интеграцию элементов искусственного интеллекта, включая внедрение генеративных моделей, таких как ChatGPT. На данном этапе важно обучить консультантов работе с ИИ-решениями, протестировать и интегрировать эти технологии в рабочие процессы, а также провести оценку их эффективности для оперативного консультирования.

Третий, долгосрочный, этап, увязанный с перспективными программами цифрового развития АПК, направлен на полное развертывание интеллектуальной системы, способной в автоматическом режиме анализировать данные мониторинга, предлагать точечные рекомендации и предсказывать изменения в производственных процессах. Данный шаг предполагает внедрение комплексной цифровой платформы, интегрированной с государственными системами и ориентированной на устойчивое развитие и инновационное преобразование зерновой отрасли.

3.3 Совершенствование архитектуры взаимодействия участников мониторинговых отношений в условиях цифровых инноваций

В основе цифрового мониторинга бизнес-процессов лежат данные, от качества, объема и доступности которых зависит точность аналитических выводов, своевременность принятия решений и, как следствие, общая результативность всей управленческой деятельности. Несмотря на обилие данных и высокие темпы их генерации в условиях цифровой экономики, приходится констатировать, что качественные и репрезентативные выборки, способные выступить ядром для создания полноценных цифровых решений в зерновом производстве, практически отсутствуют. Здесь остро ощущается дефицит структурированной и релевантной информации, необходимой для подготовки мониторинговых систем, сбор и разметка которых – трудоемкий и дорогостоящий процесс, выполняемый на начальных этапах интеллектуализации квалифицированными специалистами вручную. Подготовка качественных, репрезентативных выборок обеспечивает масштабируемость интеллектуальных систем, возможность распространения результатов моделирования и положительного опыта их использования за пределы конкретной географической области, другими словами – учет новых видов изменчивости во внешней среде способствует адаптации моделей и систем к новым условиям и задачам.

В связи с этим возникает необходимость создания специализированного института подготовки данных для зернового комплекса, основной целью которого является организация процессов сбора, верификации, разметки и стандартизации данных, необходимых для разработки и обучения алгоритмов искусственного интеллекта.

В задачи института входят:

- разработка и внедрение единых стандартов и регламентов по сбору и обработке данных;
- подготовка и аттестация специалистов по агрономической разметке данных и контролю их качества;

- верификация и корректировка данных совместно с экспертами по зерновому производству;
- обеспечение взаимодействия между производителями зерна, экспертным сообществом и разработчиками цифровых решений.

Поскольку апробация возможностей мониторинга позволила нам выделить три основных уровня функционирования мониторинга, то организовывать работу по подготовке баз данных, а, следовательно, и выстраивать архитектуру взаимодействия участников отношений, возникающего в этом процессе, также целесообразно на трех уровнях: индивидуальном (частном), региональном (территориальном) и национальном (общегосударственном).

Чтобы довести изложение до конкретных шагов и подробно раскрыть многоуровневую архитектуру взаимодействия с конкретизацией участников на каждом уровне, остановимся на фитосанитарном мониторинге. Как было показано ранее, искусственный интеллект и особенно компьютерное зрение являются неотъемлемой частью современных решений в этой области. Однако несмотря на очевидные преимущества и возможности, цифровые интеллектуальные технологии проникают в данный вид мониторинга разрозненно, фрагментарно и бессистемно, приводя к неэффективной интеграции информационных потоков, недостаточной координации участников процесса управления и, как результат, к сложностям в своевременном и точном принятии управленческих решений.

На первом, индивидуальном, уровне информация собирается в отдельных хозяйствах, где фиксируется информация о состоянии выращиваемых культур, наличии или отсутствии заболеваний и вредителей, а также о распространении сорной растительности. Такой мониторинг предполагает сбор информации непосредственно на полях с применением технологий дистанционного зондирования, сенсоров и датчиков, а также визуального осмотра. Данные хозяйственного уровня дают представление о текущем состоянии конкретных участков и позволяют оперативно реагировать на угрозы для урожайности.

Однако важно учитывать, что информация, предоставляемая на уровне отдельных хозяйств, часто может быть неполной, ненадежной или искаженной в

зависимости от квалификации персонала, доступных технологий и методов сбора. Например, небольшие хозяйства могут испытывать нехватку ресурсов или навыков для точной оценки фитосанитарного состояния посевов, что снижает качество данных. В этом контексте организация взаимодействия с экспертным сообществом становится критически важной, поскольку именно оно способно обеспечить верификацию данных и предоставить независимую оценку состояния посевов (рисунок 3.11).

Для обеспечения качественного и надежного наполнения базы данных рекомендуется разделить ответственность между заказчиком и экспертами в области сельскохозяйственной фитопатологии, а также специалистами в области информационных технологий. Заказчик определяет конечные цели моделирования, условия сбора данных, объекты для мониторинга и предоставляет исходные изображения. В свою очередь, эксперты по фитопатологии занимаются верификацией и разметкой данных, контролируют качество подготовленного материала, исправляют ошибки в разметке и при необходимости запрашивают дополнительные изображения от производителя.

Существенная роль в этой работе отводится техническим специалистам в области искусственного интеллекта, которые проводят выборочную оценку данных на соответствие поставленным целям и техническим требованиям, а также участвуют в настройке и оптимизации алгоритмов. Только совместная работа производителей зерна, экспертного сообщества и специалистов по машинному обучению может обеспечить создание качественной и достоверной базы данных, которая служит основой для эффективного мониторинга и анализа состояния бизнес-процессов на индивидуальном уровне.

Решения, разрабатываемые на индивидуальном уровне, имеют несколько недостатков. Во-первых, такие системы часто страдают от ограниченного объема данных, что значительно затрудняет проведение всестороннего анализа и получение глубоких выводов о заболеваниях растений и их распространении. Недостаток данных ограничивает возможности для создания точных и обоснованных прогнозов, а также для выявления закономерностей и тенденций в

динамике фитосанитарного состояния. Во-вторых, индивидуальный уровень сбора данных обычно охватывает лишь ограниченную территорию, что препятствует возможности для выявления более широких трендов и паттернов заболеваний. Это приводит к пропуску критически важной информации о распространении болезней в других регионах и условиях. Отсутствие интеграции данных из различных источников и географических зон может препятствовать созданию комплексного и унифицированного подхода к мониторингу фитосанитарного состояния на более масштабном уровне.

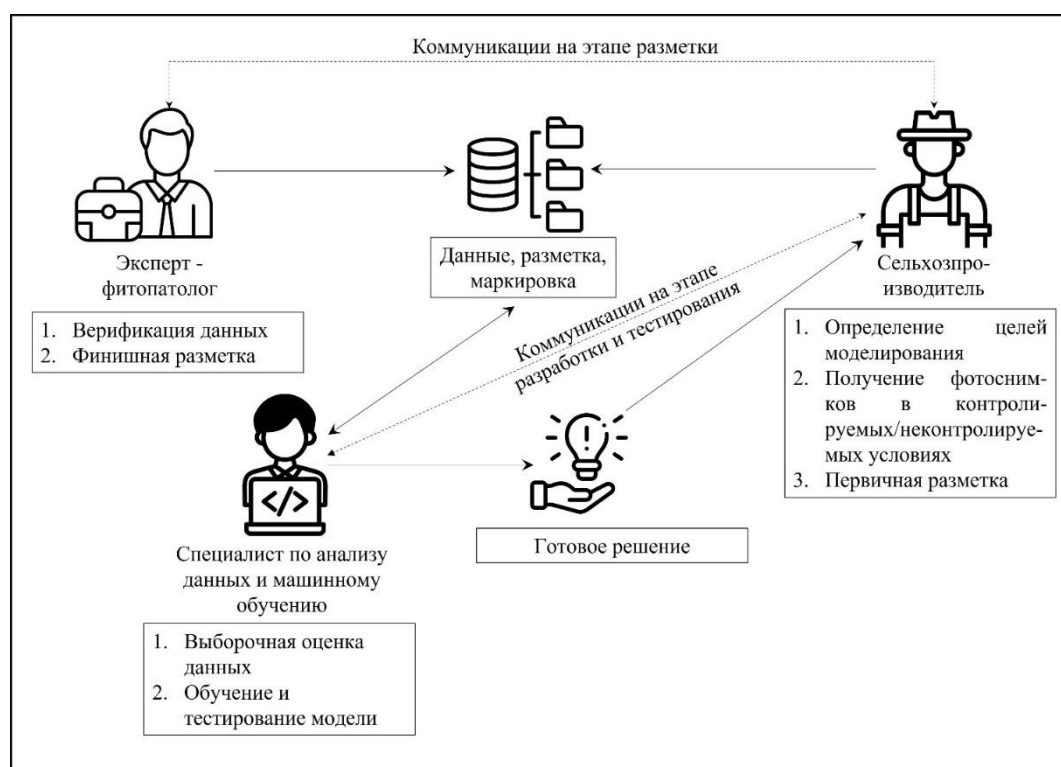


Рисунок 3.11 – Архитектура взаимодействия участников мониторинговых отношений на индивидуальном уровне

Источник: разработано автором

На региональном уровне процесс мониторинга фокусируется на проблемах, связанных с опасными и вредоносными болезнями и вредителями, характерными для конкретной географической местности (области, края, республики). В данном случае информация должна предоставляться не только сельскохозяйственными организациями, но и специализированными учреждениями – научно-

исследовательскими институтами, учебными опытными хозяйствами аграрных вузов, региональными центрами фитосанитарного надзора и др., обладающими необходимыми производственными возможностями и экспертными знаниями, которые существенно влияют на качество и достоверность подготовленной информации.

Участие специализированных учреждений в сборе данных и комплектовании информационной базы значительно расширяет спектр источников данных и обеспечивает более высокую точность и полноту при региональном мониторинге и разработке моделей диагностики и прогнозирования заболеваний зерновых культур. Благодаря их производственным возможностям и экспертным знаниям можно получить более надежную и всестороннюю информацию о фитопатогенах, их распространении, а также разрабатывать более точные модели диагностики и прогнозирования.

Тесное взаимодействие сельскохозяйственных организаций со специализированными учреждениями имеет большое значение для эффективного регионального мониторинга зернового производства, позволяя объединить академические и практические знания, опыт и ресурсы для более точной и своевременной реакции на угрозы заболевания зерновых культур. Совместное участие в сборе данных и разработке моделей создает предпосылки реализации комплексной системы, способной эффективно бороться с вредоносными организмами, повысить качество и устойчивость зернового производства.

Архитектура взаимодействия стейкхолдеров в этих условиях должна быть организована другим способом. Для каждой зерновой культуры с актуальным для данного региона комплексом болезней формируется кластер организаций, включающий как экспертные структуры, так и сельскохозяйственные организации. Внутри кластера определяется одна экспертная организация, обеспечивающая общее руководство процессом, включая планирование, контроль его выполнения, консультации других участников и коммуникации с сельхозпроизводителями по вопросам диагностики и разметки данных (рисунок 3.12).

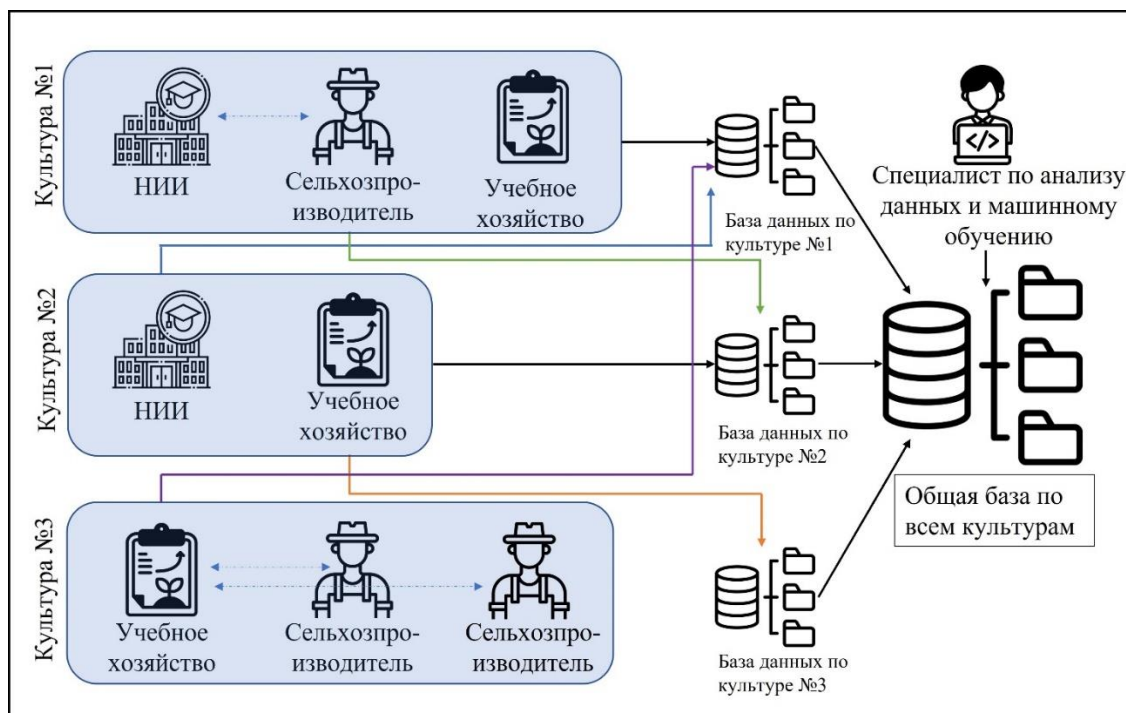


Рисунок 3.12 – Архитектура взаимодействия участников мониторинговых отношений на региональном уровне

Источник: разработано автором

Из схемы ясно, что одна и та же организация может быть задействована в закладке опытов и наполнении выборок для нескольких зерновых культур и их болезней. Предложенное взаимодействие участников способствует достижению точной и полной картины для мониторинга заболеваний в данном регионе, создавая условия для разработки гибких моделей диагностики и прогнозирования заболеваний и обеспечивая своевременный и точный учет заболеваний в данном регионе и при необходимости оперативную реакцию на возможные эпидемии. При этом, несмотря на гибкость и адаптивность интеллектуальных систем, существует риск низкой масштабируемости региональных систем на другие географические области, и даже смежные территории. Ограниченный доступ к ресурсам и экспертам при создании точных и достоверных моделей и систем также является дополнительным недостатком сбора данных на региональном уровне. Кроме того, важно учитывать конфиденциальность и необходимость защиты персональной информации о фермерах и сельскохозяйственных

организациях, что представляет дополнительные сложности при сборе и использовании данных.

На национальном уровне данные собираются в масштабах всей страны. Для организации этой работы следует предусмотреть создание распределенной сети наблюдателей – специалистов зернового производства, включая сотрудников агрофирм и фермерских хозяйств, организаций по изучению заболеваний растений, аграрных университетов, обладающих специализированными площадками для проведения соответствующих опытов и т. д. Логичным подходом к организации сбора информации на национальном уровне является распространение имеющегося опыта получения данных по принципу горизонтальной масштабируемости (рисунок 3.13).

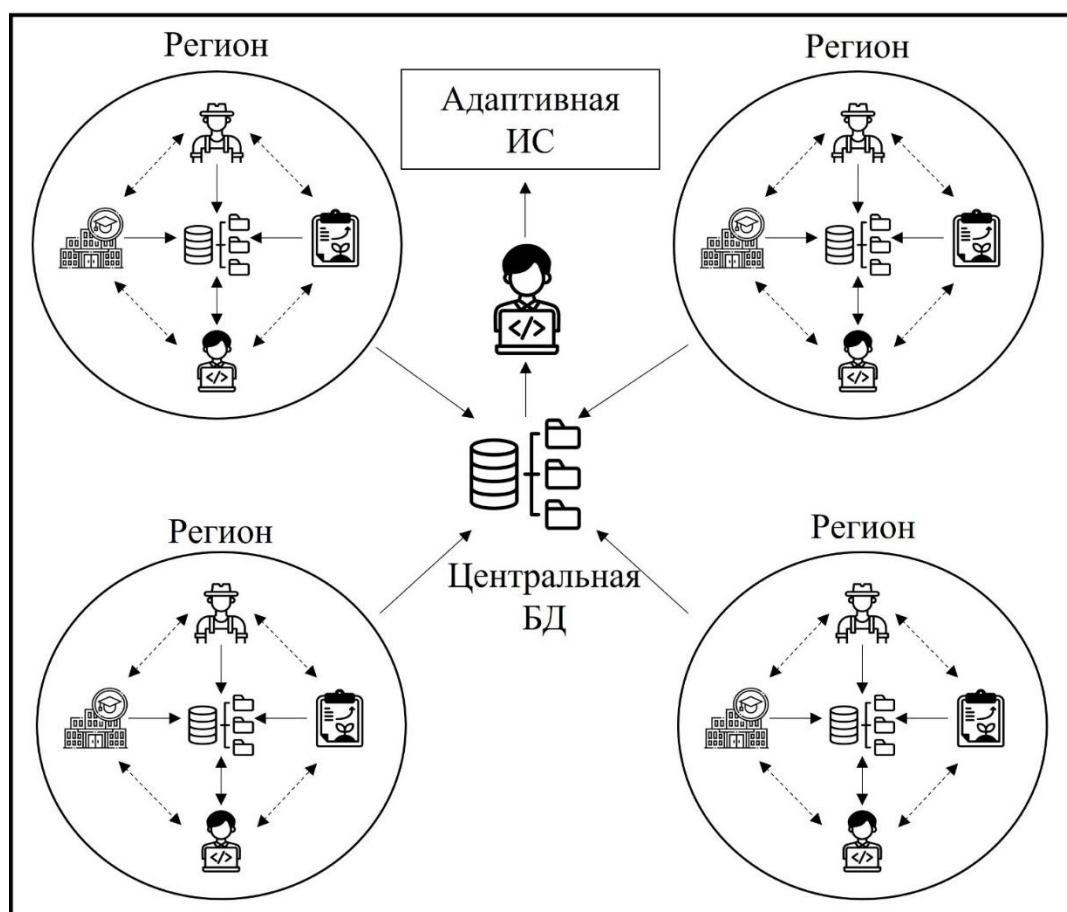


Рисунок 3.13 – Алгоритм взаимодействия заинтересованных сторон базы данных национальной мониторинговой системы

Источник: разработано автором

Горизонтальная масштабируемость предполагает расширение сети наблюдателей и участников процесса сбора данных на общегосударственном уровне. Вовлечение дополнительных участников и организаций способствует формированию полной и объективной картины состояния зернового производства в стране. С помощью современных информационных технологий, таких как мобильные приложения и облачные хранилища данных, наблюдатели смогут систематически и эффективно передавать информацию о состоянии зернового производства, включая данные о болезнях и вредителях, климатических условиях, применяемых агротехниках и других факторах, влияющих на урожайность и качество зерна. Подобный подход поможет минимизировать затраты на развертывание национальной сети мониторинга и в то же время поддерживать высокий уровень качества данных за счет использования проверенных технологий и стандартов.

Организация централизованного хранилища и системы обработки данных в единой национальной базе предоставляет широкие возможности для углубленного анализа и всестороннего мониторинга зернового производства по всей стране, позволяя выявлять ключевые тенденции, определять проблемные зоны и оперативно реагировать на риски. Центральная база данных способствует сбору и аккумулированию информации, поступающей от всех участников, создавая основу для стратегического планирования и принятия решений на уровне государственной агропродовольственной политики. Соблюдая принципы масштабируемости, система обеспечивает активный обмен опытом и знаниями между всеми участниками сети.

Описанный подход создает основу для формирования экосистемы, где каждый участник может получить доступ к актуальной для него информации, поддерживаемой и проверяемой сообществом. Открытость и доступ к знаниям повышают устойчивость зернового сектора, способствуют внедрению инноваций и передовых технологий на всех уровнях производства.

Перед наполнением национальной базы данных необходимо разработать и утвердить комплексную систему правил, регламентирующую порядок

формирования и управления хранилищем данных. Такая система должна охватывать весь цикл работы с данными (от их сбора до интеграции в национальную базу) и соблюдать единые стандарты, необходимые для масштабирования, анализа и поддержки на государственном уровне. К основным элементам системы правил относятся (рисунок 3.14):

- методика сбора, обработки и анализа, призванная обеспечить единый подход к подготовке данных для всех регионов, что дает возможность стандартизировать процесс наполнения хранилища и обеспечить согласованность и сопоставимость информации; включение в методику практических рекомендаций по выбору инструментов и технологий, а также указаний по проведению исследований, будет способствовать повышению точности мониторинга;

- стандарты качества, задающие четкие критерии и требования, которым должны соответствовать данные, поступающие в базу; в рамках этих стандартов целесообразно предусмотреть механизмы проверки и регулярного обновления данных, регламентировать их объемы, форматы хранения, уровень точности, полноту и актуальность информации, для повышения прозрачности и удобства взаимодействия разработать процедуры по верификации данных и механизмы обратной связи, которые помогут пользователям сообщать о проблемах и предложениях по улучшению базы данных;

- стандарты безопасности, направленные на защиту данных от несанкционированного доступа, изменения или уничтожения, обеспечивающие конфиденциальность и защиту от внешних угроз; эффективные меры безопасности помогут предотвратить утечку и искажение информации, что крайне важно для поддержания целостности и надежности базы данных;

- стандарты доступности, представляющие собой правила и процедуры для обеспечения доступности данных для широкого круга пользователей, в том числе товаропроизводителей, научных работников, ИТ-специалистов и других заинтересованных сторон; помимо технической защиты, необходимо разработать

политику управления доступом, которая будет регулировать права пользователей в зависимости от их ролей и потребностей.



Рисунок 3.14 – Стандарты формирования национальной базы данных мониторинга производства зерна

Источник: разработано автором

Наличие перечисленных стандартов и методик будет способствовать эффективному функционированию национальной базы, высокому качеству и надежности извлекаемых из нее знаний, а также отвечать требованиям безопасности и доступности хранимой информации.

Выводы по разделу 3

1. Важную роль в создании благоприятных условий развития и внедрения новых технологий и методов мониторинга играет институциональная среда. Проведенный анализ институционального окружения цифровых инноваций

в области мониторинга зернового производства позволил выделить в его структуре главные компоненты, к которым относятся: законодательная база, базирующаяся на Указе Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года; на сформулированных в государственных документах принципы и положения в отношении ИИ; институте стандартизации ИИ; заинтересованных организациях, в том числе государственных структурах, научных организациях и исследовательских центрах, финансовых институтах и институтах развития, вендорах и разработчиках, производителях сельскохозяйственной техники.

2. Одна из ключевых проблем институционального окружения мониторинга зернового производства – низкий уровень доверия товаропроизводителей к цифровым технологиям, обусловленный недостаточной осведомленностью о преимуществах, рисках, принципах работы и использования таких инструментов. Решение данной проблемы лежит в плоскости развития информационно-консультационной службы АПК, целью которой является инновационная модернизация и повышение эффективности агропромышленного производства на основе освоения достижений научно-технического прогресса и использования знаний об инновационных методах производства. Для обеспечения сельских товаропроизводителей информационно-консультационной поддержкой, повышения точности и релевантности выдаваемых рекомендаций в рамках развития концепции организации интеллектуального мониторинга зернового производства разработан стратегический подход к развитию системы аграрного консультирования, предусматривающий последовательное выполнение трех этапов: текущего (автоматизация документооборота и онлайн-сервисов), среднесрочного (внедрение генеративного ИИ для персонализированных рекомендаций) и долгосрочного (создание интегрированной аналитической платформы с предиктивной аналитикой).

3. Институты и организации, вовлеченные в процесс цифровой трансформации бизнес-процесса мониторинга производства зерна, должны

функционировать в условиях высокой степени координации и интеграции. Для достижения этой цели была разработана и систематизирована многоуровневая архитектура взаимодействия, включающая частный, территориальный и общегосударственный уровни. На частном уровне, охватывающем отдельные сельскохозяйственные хозяйства и фермерские предприятия, осуществляется первичный сбор данных, включая информацию о состоянии посевов, наличии заболеваний и других факторах, влияющих на урожайность. Этот уровень является исходной точкой процесса и предоставляет базовые данные, однако ограничен локальными особенностями и объемом информации. На территориальном уровне происходит интеграция и аналитическая обработка данных, собранных на индивидуальном уровне. Региональные хранилища данных обеспечивают комплексный анализ, учитывающий специфические условия каждого региона, что дает возможность выявлять территориальные тренды и паттерны, а также разрабатывать более точные рекомендации для региональных и локальных решений в области фитосанитарного мониторинга. На общегосударственном уровне осуществляется консолидация информации из региональных хранилищ в единую национальную базу данных, способствующую в конечном итоге принятию научно обоснованных управленческих решений по управлению зерновым производством, основываясь на комплексном и интегрированном анализе данных мониторинга.

РАЗДЕЛ 4 ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

4.1 Процессная модель интеллектуального мониторинга зернового производства

Представляя методологию мониторинга производства зерна как систему принципов и способов организации (теоретической и практической) единого бизнес-процесса, невозможно не коснуться прикладных аспектов его информационного обеспечения. Институционализация современного агробизнеса базируется, прежде всего, на передовых технологиях улучшения процессов производства, обеспечения устойчивости и повышения эффективности. Все эти направления деятельности замыкаются на внедрении информационных технологий, что требует не менее энергичных разработок методик и методов их использования. Проблема цифрового мониторинга производства зерна заключается, во-первых, в необходимости анализа больших объемов данных, во-вторых, в наличии полезных ресурсов (погоды, рынка, коммуникаций и пр.) и обязательной адаптации платформ и мобильных приложений к потребностям сельскохозяйственных операций. К тому же имеющаяся аналитическая информация четко прогнозирует перманентный среднегодовой рост цифрового сельского хозяйства на величину не менее 11 % в среднесрочной перспективе [12]. При этом уже сейчас во многих странах мира достаточно широкое распространение получило применение цифровых технологий для мониторинга посевов: в США и Канаде использование аналитических данных для оптимизации состояния и повышения урожайности зерновых оценивается в 50 %, в Западной Европе и Китае – 70 %, наблюдается рост внедрения систем мониторинга в Бразилии, Аргентине, многих странах Африки. Высокие технологии меняют методы ведения сельского хозяйства, требуют изучения новых методов и способов ведения агробизнеса. В связи с этим в диссертационной работе раскрыта

институциональная система поддержки цифрового мониторинга производства зерна, которая начинается с обоснования его интеллектуальной бизнес-модели.

Для подтверждения концепции интеллектуализации мониторинга зернового производства в рамках диссертационного исследования были разработаны прикладные ИИ-решения для контроля фитосанитарного состояния зернового поля. Подготовка подобных решений укладывается в общую схему методического подхода, предложенную в параграфе 2.2 настоящего исследования, которая была нами детализирована, уточнена и развернута в бизнес-процесс, поскольку уровень и вид мониторинга были нами зафиксированы (территориальный и фитосанитарный соответственно).

В качестве графической нотации моделирования бизнес-процессов была выбрана IDEF0 (*Integration Definition for Function Modeling*), отличительная особенность которой – акцентирование внимания на соподчиненных объектах и логических отношениях между ними, а не на временной последовательности выполнения работ, как это делается в других методологиях процессного моделирования, например, в диаграммах потоков работ (DFD). По сравнению с другой популярной концепцией BPMN выбранная нотация имеет более высокий уровень абстракции и легко интерпретируется большинством участников бизнеса. Помимо входов и выходов в каждом блоке, к обязательным элементам IDEF0 относятся механизмы, инфраструктурно поддерживающие выполнение функций в рамках бизнес-процесса и управляющие воздействия, которые регламентируют их выполнение (рисунок 4.1).

Из рисунка 4.1 следует, что процессная модель организации включает четыре блока, для каждого из них должны быть определены бизнес-требования к прикладным решениям. Поскольку фитосанитарный мониторинг представляет собой комплекс взаимосвязанных процессов и направлен на решение сразу нескольких задач: идентификацию вредоносных организмов, оценку степени их развития (интенсивности), наблюдение, прогнозирование их распространения во времени и пространстве, а также принятие обоснованных управленческих

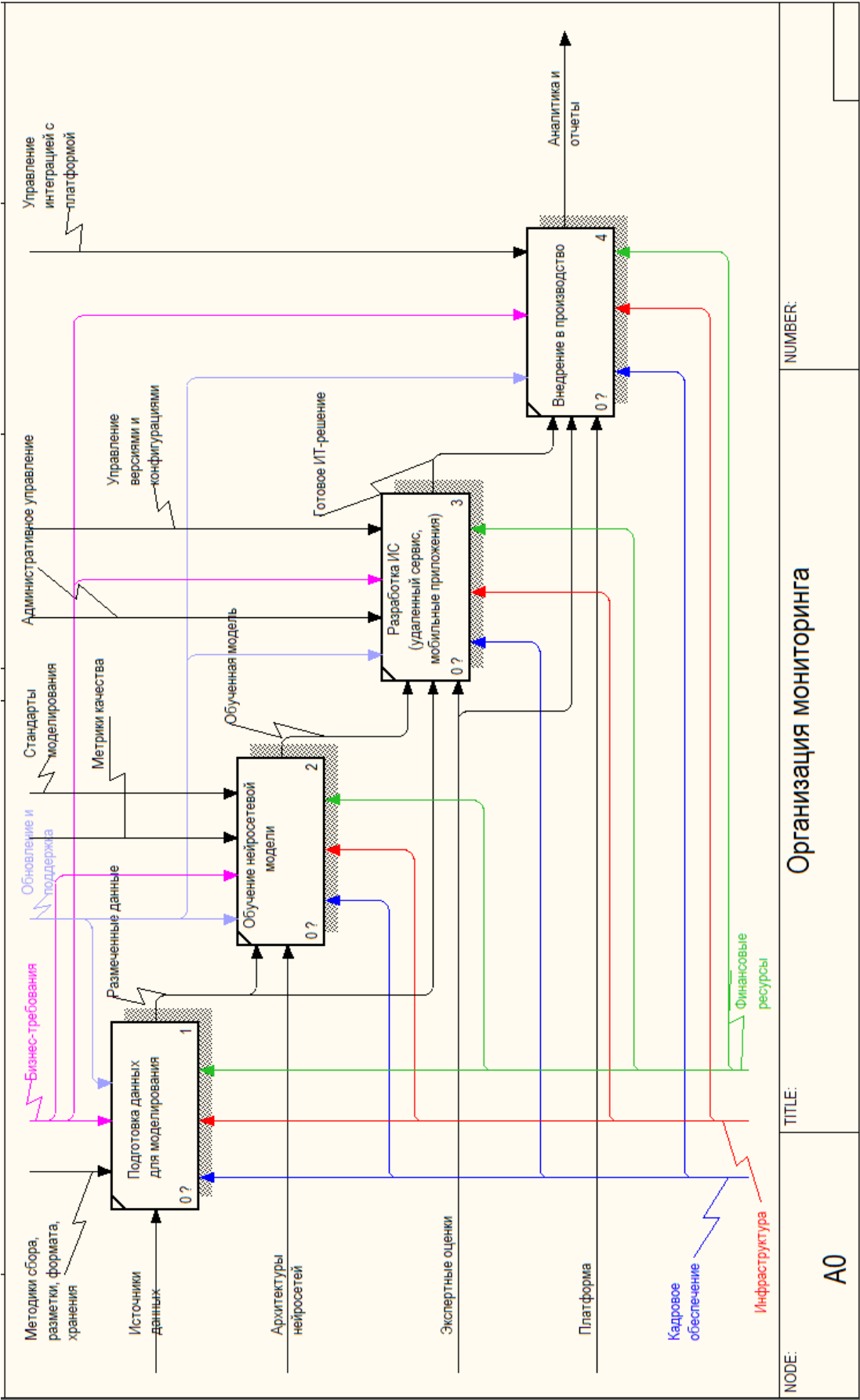


Рисунок 4.1 – Бизнес-процесс организации интеллектуального фитосанитарного мониторинга зернового поля на территориальном уровне

Источник: разработано автором

решений на основе полученной информации [174], то и цифровые интеллектуальные инновации также должны быть ориентированы на поддержку и совершенствование каждого из перечисленных подпроцессов как за счет экономии материальных ресурсов, так и времени для принятия управленческих решений.

Более строго каждому подпроцессу фитосанитарного мониторинга можно сопоставить одну или несколько базовых задач искусственного интеллекта: например, задачи идентификации и классификации патогенов требуют применения методов компьютерного зрения, в то время как прогнозирование их распространения опирается на временные ряды и модели прогнозирования. Разнообразие задач обуславливает различия в требованиях к данным и архитектурам моделей, что делает необходимым индивидуальный подход для разработки и адаптации решений под каждый процесс мониторинга.

В рамках настоящей работы было разработано три типа прикладных решений, соответствующих трем задачам фитосанитарного мониторинга: определение вида болезни по изображению, определение степени развития болезни по изображению, прогноз развития болезни (рисунок 4.2). Отметим, что первые два типа моделей попадают в категорию компьютерного зрения и для обеспечения точности и надежности выдаваемых результатов требуют значительных объемов данных.

Для подготовки необходимых выборок для моделирования на территории Краснодарского края в 2021–2023 гг. в течение трех лет (четыре года для пшеницы в 2020–2023 гг.) были проведены специальные полномасштабные, систематические полевые, лабораторные наблюдения и исследования растений, выращенных на опытных полях ФГБНУ ФНЦБЗР, учебного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО КубГАУ, рисовых чеках ФГБНУ ФНЦ риса. Полевые опыты проводились в типичных звеньях, рекомендованных для зоны севооборотов на оптимальном агротехническом уровне, при современном и качественном уровне проведения всех полевых работ. Условия проведения экспериментов являлись максимально приближенными к условиям, рекомендованным для

производственных посевов, что позволяет рассчитывать на масштабируемость результатов моделирования на объекты, полученные вне опытных делянок.

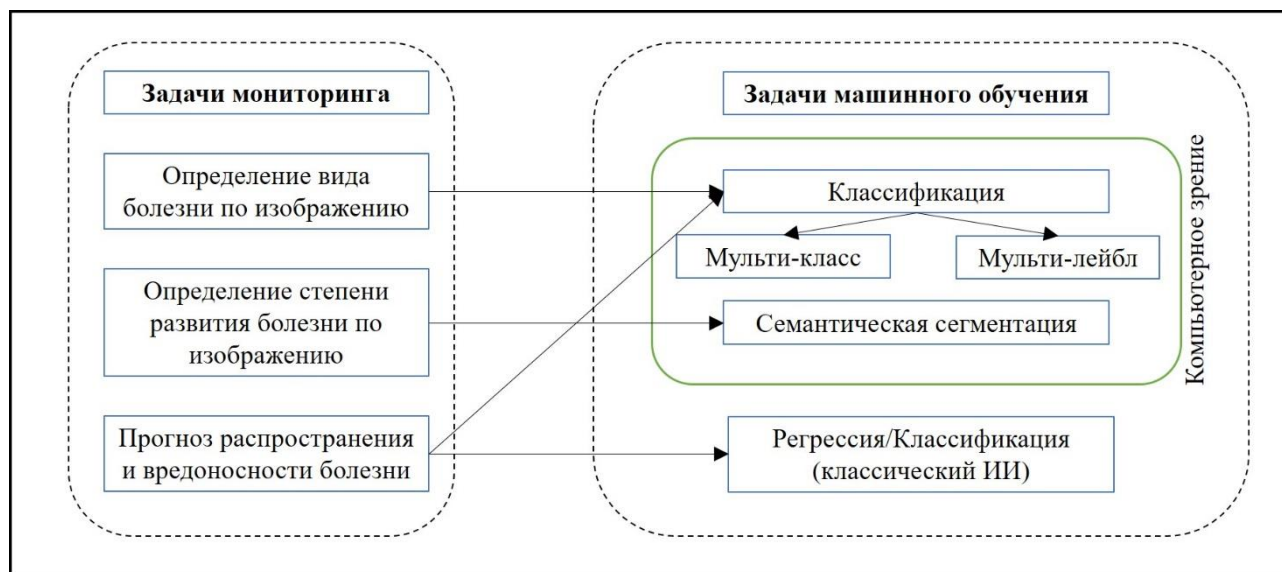


Рисунок 4.2 – Соответствие задач мониторинга с задачами машинного обучения

Источник: разработано автором

Подготовка инфекционного материала для растений пшеницы и риса проводилась в условиях тепличного комплекса и лабораторных условиях на площадках ФГБНУ ФНЦБЗР и ФГБНУ ФНЦ риса в соответствии с утвержденными методиками и стандартными операционными процедурами. В общей сложности были получены данные по 4 видам культур (озимая пшеница, озимый ячмень, кукуруза, рис), 25 сортам и гибридам, 10 видам болезней, входящих в патоккомплекс Краснодарского края. Объем полученной в ходе выполнения диссертационного исследования выборки составил 13 732 объекта, что дало возможность получить статистически достоверные результаты. Общие сведения о проведенных полевых и лабораторных опытах приведены в таблице 4.1.

На рисунке 4.3 представлен полный цикл бизнес-процесса подготовки данных – изображений болезней пшеницы в виде последовательности функциональных блоков, начиная от закладки инфекционного питомника и заканчивая размеченным для моделирования набором данных.

Таблица 4.1 – Описание информационной базы данных болезней зерновых культур, собранной в 2019–2023 гг.

Вид зерновой культуры	Сорта и гибриды	Годы проведения опытов	Изображения	
			Патоген	Количество
Озимая пшеница	Алексейч, Вольница, Вольный Дон, Жаворонок, Подарок Крыму, Веха, Еланчик, Илиада, Караван, Сварог, Собербаш, Степь, Фермер, Таня, Юма	4 года: 2019–2023	Бурая ржавчина (<i>Puccinia triticina</i> f. sp. <i>tritici</i> Erikss.)	2187
			Желтая пятнистость (<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (Died.) Drechs)	4333
			Желтая ржавчина (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i> West.)	1992
Озимый ячмень	Виват, Рубеж, Романс	3 года: 2020–2023	Карликовая ржавчина (<i>Puccinia hordei</i> Ott.)	384
			Темно-бурая пятнистость (<i>Bipolaris sorokiniana</i> Shoem.)	647
			Сетчатая пятнистость (<i>Pyrenophora teres</i> Drechs.)	1473
			Мучнистая роса (<i>Erisiphe graminis</i> D.C.)	380
Кукуруза	«Краснодарский 291 АМВ»	3 года: 2020–2023	Гельминтоспориоз (<i>Helminthosporium maydis</i> Y. Nisik. & C. Miyak	982
Рис	Вальс, Абсолют, Аргамак, Орфей, Регул, Феникс	3 года: 2020–2023	Пирикулярриоз (<i>Pyricularia oryzae</i> Cav.)	999
			Бурая пятнистость (<i>Cochliobolus miyabeanus</i>	355
Итого	25 сортов и гибридов	4 года	10 болезней	13 732

Источник: составлено автором

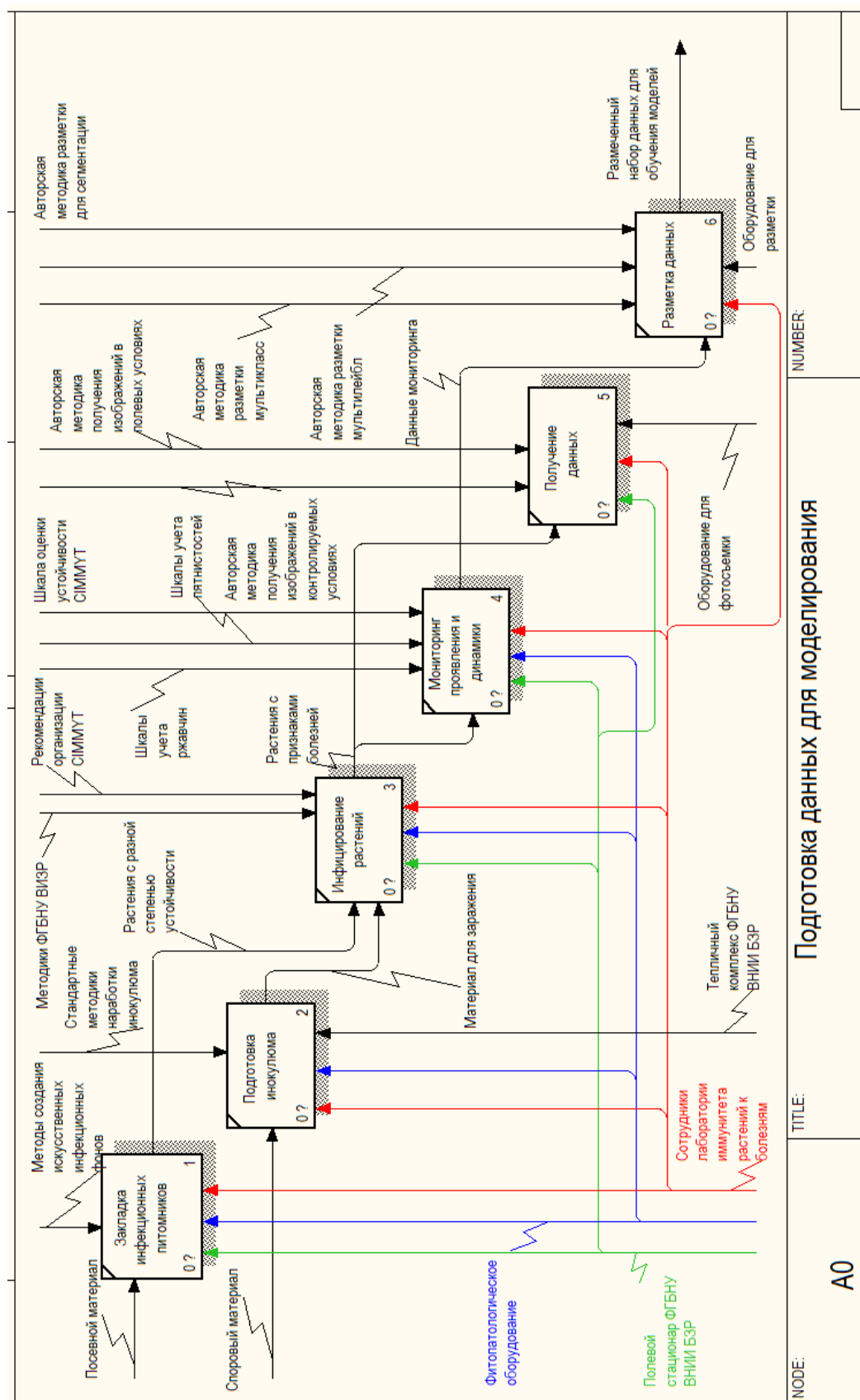


Рисунок 4.3 – Бизнес-процесс подготовки фитосанитарной базы данных зерновых культур

Источник: разработано автором

Этот подпроцесс характеризует наполнение размеченных наборов как в контролируемых, так и полевых условиях в результате многолетних полевых и лабораторных опытов и представляет результат взаимодействия между различными областями знаний, такими как фитопатология, организационный менеджмент и информационные технологии. В качестве управляющих воздействий блоков «Получение данных» и «Разметка данных» использовались авторские методики.

Как следует из схемы процесса, организация интеллектуального мониторинга фитосанитарного состояния посевов напрямую зависит от доступности квалифицированных кадров, назначенных на каждом блоке процесса – от сбора и подготовки данных и до внедрения результатов интеллектуальной деятельности в производство. Особенно ярко требования к квалификации прослеживаются на рисунке 4.3, откуда видно, что при подготовке данных выполнялись работы по закладке инфекционных питомников, подготовке инокулюма, инфицированию растений и другим ключевым процессам. Без надлежащих навыков и знаний в этих областях невозможно обеспечить точность и надежность данных, что влияет на конечные результаты всего мониторинга.

Оставшиеся три блока бизнес-процесса организации мониторинга (рисунок 4.1), а именно «обучение нейросетевой модели», «разработка ИС» и «внедрение в производство», также были декомпозированы и формализованы в нотации IDEF (приложение Ж), что дало нам возможность структурировать ключевые этапы создания и внедрения цифровой системы мониторинга на уровне региона, формализуя каждую операцию в цепочке, уточняя ресурсы, требования и роли исполнителей на каждом шаге.

Представленная модель, основанная на процессном подходе к управлению отдельными операциями, обеспечивает прозрачность всего процесса цифровизации и опирается на данные, действия, материалы и события, выполняя функции практического руководства построением системы бизнес-действий. При этом фактически детерминирует бизнес-процесс мониторинга по следующим направлениям:

- оптимизация использования имеющегося потенциала с опорой на стратегию потребностей и сравнительных преимуществ, стандартизирующих бизнес-процессы производства зерна до уровня симплификации;
- стандартизация инфраструктуры управления бизнес-процессами, выстраивая их цепочку таким образом, что передача ценности потребителям (стейкхолдерам) выстраивается с учетом требований всех заинтересованных сторон;
- построение системы управления бизнес-рисками с акцентом внимания на целевой функции удовлетворения запросов потребителей и увеличения конверсии входящих требований в соответствии с ожиданиями;
- формирование системы предупреждающего мониторинга, ориентированного на изменения результативности.

Формирующаяся цепочка процессов создаёт структуру, в которой каждый процесс направлен на достижение конкретного целевого результата. В основе такого подхода лежит эффективное управление информационными и материальными потоками, поддерживающими процессное взаимодействие. С целью оптимизации границы процессов пересматриваются и уточняются, а при необходимости отдельные функции перераспределяются между процессами для устранения дублирования или избыточности. Для обеспечения согласованности создаются межпроцессные соглашения, которые регулируют взаимодействие и ответственность сторон, участвующих в цепочке процессов и определяют порядок передачи информации, контрольные точки, процедуры обмена ресурсами и другие аспекты, способствующие достижению интегрированных результатов. Таким образом, формируется гибкая и адаптивная структура, способная оперативно реагировать на изменения и обеспечивать устойчивость системы в условиях сложных и динамичных производственных процессов.

Использование процессной модели обеспечивает участников мониторинговых отношений неоспоримыми выгодами: повышение степени удовлетворенности стейкхолдеров, оптимизация ресурсов на уровне выполняемых функций (т. е. снижение затратоемкости работ, повышение

производительности, синхронизация взаимосвязанных процессов, например, процесс подготовки семян синхронизирован с их допосевной обработкой и последующими операциями вплоть до появления всходов и т. п.), обеспечивая эффект синергии по всей цепочке производства стоимости.

4.2 Разработка прикладных ИИ-моделей мониторинга производства зерна

После формирования региональной фитосанитарной базы данных в соответствии с разработанной схемой организации (рисунок 4.3), были проведены работы по созданию интеллектуальных моделей, первой из которых стала модель классификации. Целью классификации является эффективное распределение объектов по заранее определенным категориям, что позволяет оперативно выявлять фитосанитарные риски и минимизировать убытки сельскохозяйственных предприятий.

Существует два основных подхода к классификации в машинном обучении: мультикласс и мультилейбл. В первом случае классификация проводится на взаимно-исключающие классы (*Mutually Exclusive Classification*), когда каждый объект может быть отнесен только к одной категории, благодаря чему точно оцениваются доминирующие патогены. Мультилейбл классификация (*NoN-Exclusive Classification*), напротив, допускает отнесение одного объекта к нескольким категориям, что важно для анализа ситуаций с мультифакторальным характером заражения [243, 278].

При выборе архитектур нейросетей для обучения моделей-классификаторов мы остановились на GoogleNet, ResNet-18, SqueezeNeq-1.0, DenseNet-121 как дающих многообещающий результат и при этом в наиболее компактном виде. Перечисленные архитектуры продемонстрировали высокую производительность при ограниченных затратах ресурсов, что делает их применимыми в условиях реального агробизнеса. Так, например, тяжелые архитектуры VGG и AlexNet были

отклонены, поскольку показали результаты, сравнимые с перечисленными моделями, но требующие значительно большего объема вычислительных ресурсов как на этапе обучения, так и на этапе предсказания.

Несмотря на высокую предсказательную способность современных моделей компьютерного зрения, были выявлены проблемы, способные негативно повлиять на производственные результаты:

- *недостаточный объем выборки*, модель не сможет обобщить структуру в данных и эффективно работать на практике;
- *нарушение инвариантности предсказаний относительно поворотов/отражений изображения*, модель не справляется с изменениями ориентации и отражениями изображений;
- *неустойчивость предсказаний*, незначительный шум или артефакт на объекте приводит к нестабильным и неточным предсказаниям;
- *эффект переобучения*, модель демонстрирует высокое качество предсказаний на обучающих данных, но значительно снижает свою производительность на новых объектах.

Со всеми этими проблемами в определенной степени можно справиться, организовав грамотную предобработку или препроцессинг исходных изображений [150], что требует дополнительных затрат времени и ресурсов, но критически важно для обеспечения долгосрочной устойчивости внедряемых технологий.

Для определения принципиальной пригодности использования интеллектуальных моделей мониторинга зернового поля выполнялась оценка их качества по двум направлениям – графический анализ и анализ численных метрик. *Графический анализ* нацелен на изучение изменений точности и функции потерь в процессе обучения, что дает возможность оценить стабильность и динамику модели. К элементам графического анализа относятся:

- оценка изменений *кривых точности* модели в зависимости от продолжительности обучения;

- построение *функции потерь*, отражающей соответствие модели целевым значениям на тестовом наборе данных;
- анализ *матрицы ошибок* для выявления типов ошибок классификации и оценки их распределения по классам.

Анализ численных метрик качества классификации позволяет судить о качестве ее ответов в производственной ситуации. К численным метрикам относятся:

- *доля правильных ответов (accuracy)*, процент правильно классифицированных объектов среди всех объектов;
- *полнота (recall)*, способность модели правильно идентифицировать все объекты определенного класса;
- *точность (precision)*, доля обнаруженных классификатором объектов, принадлежащих классу относительно всех объектов этого класса в тестовой выборке;
- *F-мера*, гармоническое среднее между полнотой и точностью, обеспечивающее баланс между двумя метриками.

В процессе обучения нейронных сетей в работе использовался фреймворк PyTorch версии 2.0.0, который получил широкое распространение благодаря своей простоте и функциональности. Тренировка моделей проводилась на стационарном компьютере с конфигурацией, включающей 32 Гб оперативной памяти, на базе графического процессора *Nvidia GeForce RTX 3060* с 16 Гб видеопамяти. Алгоритм обучения моделей классификации представлен в Приложении И (рисунок И.1).

На рисунке 4.4, *а* и 4.4, *б* приведены результаты графического анализа качества классификации болезней пшеницы. На первом из них нанесены значения метрики *accuracy*, вычисленные на тестовой выборке в зависимости от номера эпохи обучения (один полный проход через весь обучающий набор данных в процессе тренировки модели) для каждой из рассматриваемых архитектур. Из рисунка следует, что, начиная с восьмой эпохи, доля правильных ответов классификатора на тестовом наборе превышает 90 %, а лучшая из моделей –

DenseNet-121 приблизилась к 100 %. Этот результат свидетельствует о том, что обученные модели имеют высокую эффективность в классификации болезней пшеницы и могут быть потенциально полезными в практических приложениях, таких как автоматизированные системы диагностики болезней.

Как видно на рисунке 4.4, б, значения функции потерь в процессе обучения постепенно снижаются (кроме ResNet-18), принимая значения, близкие к нулю. Снижение кривой ошибки говорит о том, что модели находятся в процессе оптимизации и успешно настраиваются на обучающие данные, постепенно улучшая свою предсказательную способность на тестовых данных. Отметим, что у модели ResNet-18 графики ведут себя нестабильно, что может указывать на особенности этой архитектуры и сложность оптимизации ее параметров. Данное обстоятельство требует дополнительных исследований при внедрении таких решений в систему мониторинга, где важны предсказуемость и надежность технологий.

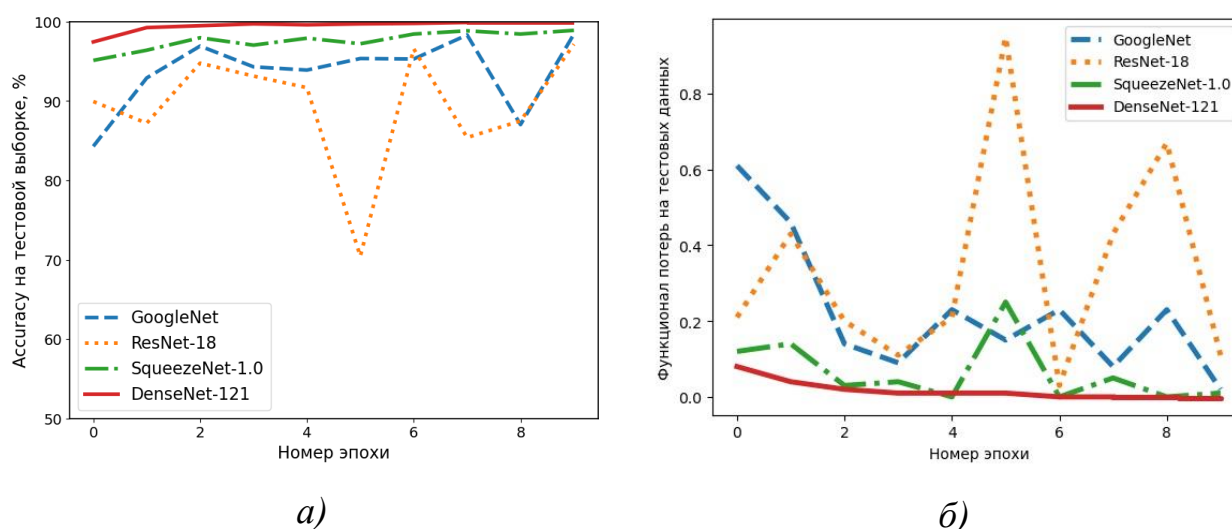


Рисунок 4.4 – Кривые точности (а) и функции потерь (б) сверточных нейронных сетей мультикласс-классификации болезней пшеницы на 10 эпохах обучения

Источник: составлено автором на основе результатов моделирования

Итоговое сравнение достигнутого качества приведено в таблицах 4.2 и 4.3. В первой из них собраны некоторые обобщающие характеристики модели (время

обучения, число параметров нейросети и т. д.) Кроме того, показаны численные значения метрик качества, усредненных как по классам (*macro*), так и по числу объектов в классах (*micro*), откуда следует, что архитектура DenseNet-121 превзошла остальные модели по всем показателям. При сравнительно небольшом числе параметров она достигла самого высокого качества, причем стабилизировалась за наименьшее (7 эпох) время.

Таблица 4.2 – Основные характеристики исследуемых архитектур классификации болезней пшеницы на 10 эпохах обучения

Модель	Число параметров, млн	Номер лучшей итерации	Время обучения, с/эпоха
GoogleNet	5,6	9	90
ResNet-18	11,1	9	172
SqueezeNet-1.0	0,7	9	104
DenseNet-121	6,9	7	95

Источник: составлено автором на основе результатов моделирования

Таблица 4.3 – Итоговое качество исследуемых архитектур классификации болезней пшеницы на лучшей итерации

Метрика	GoogleNet	ResNet-18	SqueezeNet-1.0	DenseNet-121
Accuracy, %	98,428	97,148	98,894	99,884
F1 macro	0,986	0,970	0,988	0,999
F1 micro	0,984	0,971	0,989	0,999
Precision macro	0,985	0,964	0,991	0,999
Precision micro	0,984	0,971	0,989	0,999
Recall macro	0,988	0,978	0,985	0,998
Recall micro	0,984	0,971	0,989	0,999

Источник: составлено автором на основе результатов моделирования

Архитектура SqueezeNet показала второй по качеству результат, немного уступая лучшему алгоритму, однако имея при это наименьшее из всех число параметров – всего порядка 750 тыс. На третьем месте оказалась модель GoogleNet

с самым быстрым временем обучения. У архитектуры ResNet-18, несмотря на ее сложную структуру, выявлены худшие показатели, как по количеству параметров модели, так и по рассчитанным метрикам качества.

Проведённое исследование показало, что все представленные архитектуры обеспечивают высокую точность классификации заболеваний пшеницы ($>97\%$), что подтверждается результатами, полученными на тестовых данных. DenseNet-121 представляется оптимальным выбором для внедрения в автоматизированные системы диагностики, учитывая её высокую производительность при умеренном числе параметров. Использование такой модели может способствовать снижению затрат хозяйств на диагностику, повышению точности выявления заболеваний и, как следствие, увеличению урожайности и рентабельности.

Другие архитектуры, такие как SqueezeNet-1.0 и GoogleNet, благодаря их компактности и скорости могут найти применение в условиях с ограниченными ресурсами. Напротив, использование ResNet-18, учитывая её низкие результаты и высокую сложность, требует дополнительных вложений в оптимизацию и не рекомендуется для массового внедрения без существенных доработок.

При детальном рассмотрении ошибок алгоритмов, приведенных в соответствующих матрицах (рисунок 4.5) (матрицы для растений ячменя и риса см. в приложении 3), можно сделать вывод, что лучшая из представленных моделей DenseNet-121 ошиблась лишь дважды на тестовом наборе, включающем 1 718 изображений, перепутав желтую пятнистость с бурой и желтой ржавчиной. Чуть менее успешная SqueezeNet ошиблась 19 раз, при этом 9 раз предсказав класс желтой пятнистости вместо желтой ржавчины. Архитектуры GoogleNet и ResNet-18 допускали ошибки на тестовом наборе 27 и 49 раз соответственно.

Так как обучение моделей проводилось на данных, собранных в Краснодарском крае, закономерен вопрос, насколько полученная модель будет применима для реалий другого региона без дообучения на дополнительных данных. Ключевая задача – оценить, насколько хорошо обученная модель способна обобщать знания и предсказывать болезни в условиях, отличных от исходных. Ставя вопрос более формально, интересно выяснить, насколько сильно

будет отличаться распределение данных, собранных в другом месте, от распределения тех данных, на которых обучалась модель, и насколько полученная модель будет устойчива к таким изменениям.

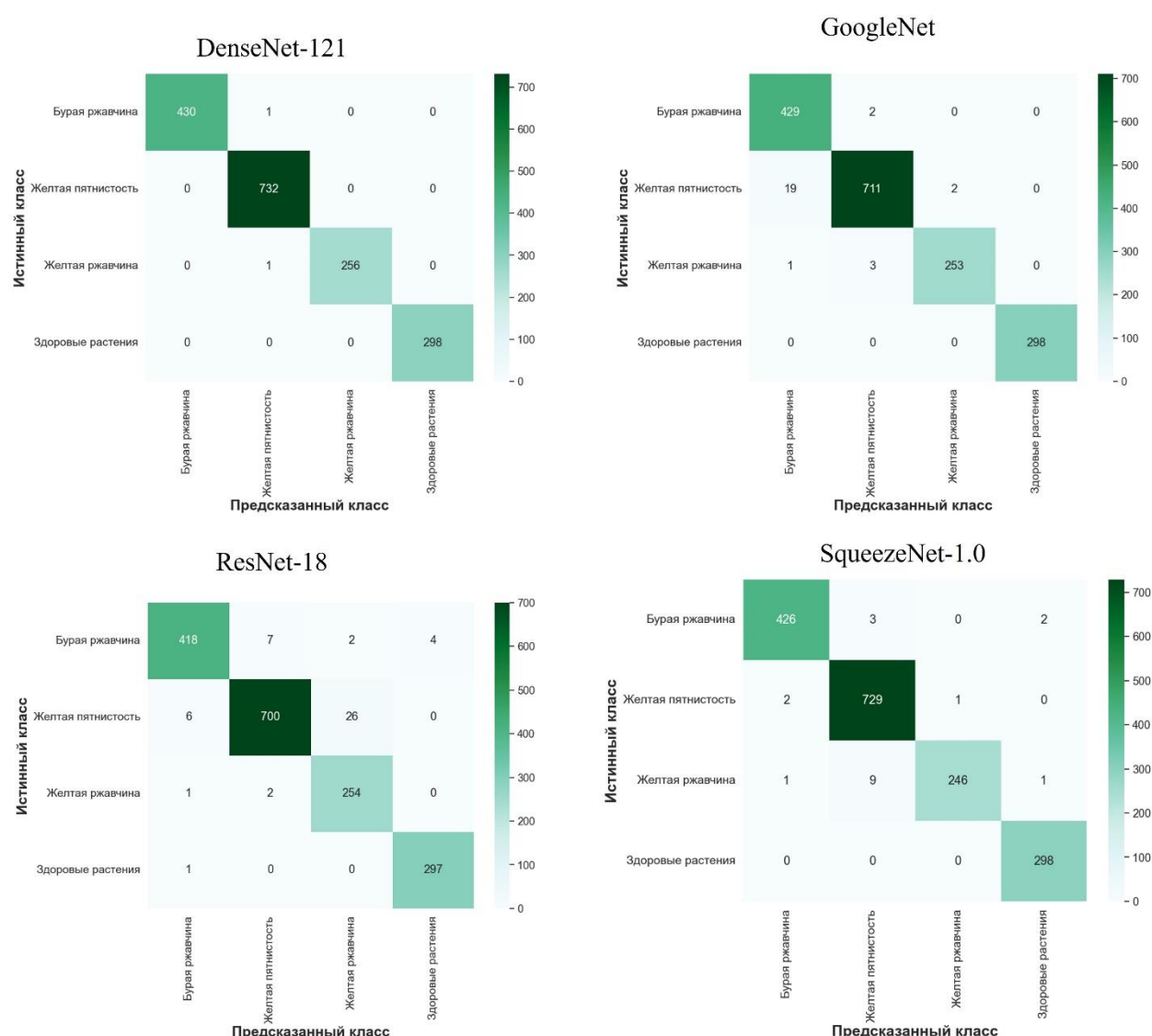


Рисунок 4.5 — Матрицы ошибок классификатора болезней пшеницы на лучшей итерации

Источник: разработано автором на основе результатов моделирования

Для проверки этой способности был использован тестовый набор данных, включающий 118 изображений здоровых растений и 314 фотографий зерновых, пораженных желтой ржавчиной, собранных из открытых источников, а также самостоятельно из сети Интернет. Результаты применения модели DenseNet-121 на этом наборе показали снижение точности классификации до 82,3 %, что, с одной стороны, свидетельствует об обобщающей способности модели, которая

остаётся достаточно высокой даже при изменении условий. С другой стороны, такой результат указывает на необходимость дообучения для достижения максимального качества в новых условиях.

Для более детального анализа устойчивости модели был использован *Population Stability Index (PSI)*, который оценивает степень изменения распределения признаков в новых данных по сравнению с обучающим набором. Значения PSI интерпретируются следующим образом:

$PSI < 0,1$ – незначительные изменения, модель сохраняет стабильность;

$0,1 \leq PSI < 0,25$ – умеренные изменения, требующие внимания;

$PSI \geq 0,25$ – существенные изменения в данных, свидетельствующие о необходимости адаптации модели.

В нашем исследовании значение PSI составило 0,763, что указывает на значительное отличие нового набора данных от исходного. Тем не менее, модель продемонстрировала точность классификации в 82,3 %, что подтверждает её высокую устойчивость к изменениям данных.

С практической точки зрения, полученные результаты имеют следующее прикладное значение:

1) высокая устойчивость модели позволяет запускать её в новых регионах без немедленного дообучения, что снижает издержки на сбор дополнительных данных;

2) адаптивность DenseNet-121 обеспечивает возможность применения в условиях региональных различий, что делает её перспективной для федеральных и международных программ мониторинга;

3) при наличии ресурса для сбора данных и дообучения модели в новых условиях точность диагностики можно повысить, минимизируя риски упущенной выгоды из-за ошибок классификации.

Таким образом, несмотря на снижение качества при использовании модели в новых условиях, можно рекомендовать рассмотренную архитектуру как базовый инструмент мониторинга, при необходимости дорабатывая её в процессе эксплуатации. Данная стратегия минимизирует затраты на первоначальное

внедрение, обеспечивая гибкость и долгосрочную устойчивость технологий в различных условиях.

В отличие от мультикласс-классификации, когда каждому образцу назначается одна и только одна метка из набора целевых меток в мультилейбл-классификации метки для каждого образца не являются взаимоисключающими. Рассмотрение таких моделей обязательно, поскольку мультилейбл-классификация позволяет учитывать сложность реальных фитосанитарных задач, где заболевания часто проявляются совместно [243].

Оценка результатов, выдаваемых мультилейбл-классификаторами, как и сами модели, являются более сложными. Если ранее все основные метрики были основаны на матрице ошибок, которая давала ясное представление о качестве модели, то теперь, когда на одном фотоснимке может быть обнаружено более одной болезни, такую матрицу, вообще говоря, нельзя адекватно построить. Вместо этого используется набор усредненных метрик, а также графический анализ функций потерь (рисунок 4.6), свидетельствующий о том, что модели DenseNet и GoogleNet достаточно быстро обобщили закономерности в данных, демонстрируя плавную сходимость ошибок к нулю.

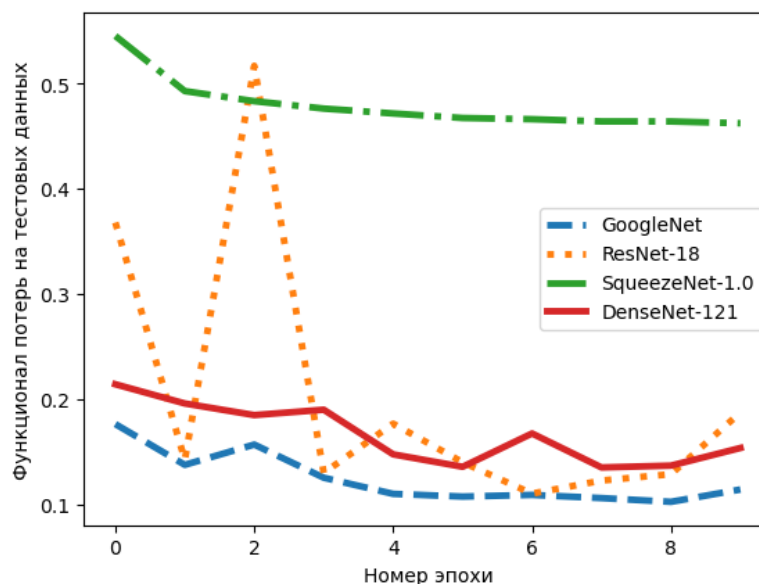


Рисунок 4.6 – Значения функционала потерь (BCE Loss) для классификатора болезней пшеницы на тестовом наборе данных

Источник: разработано автором на основе результатов моделирования

Потери ResNet также постепенно снижаются, хотя на первых эпохах наблюдается некоторая нестабильность. Самые неудовлетворительные значения показала архитектура SqueezeNet, что можно объяснить самым маленьким (из рассмотренных архитектур) числом параметров моделей. Если в мультикласс-моделировании этого было достаточно, чтобы показать низкую ошибку, то для множественной классификации алгоритму сложно сразу обобщить структуры в данных, а ошибке выйти на нулевое плато.

В таблице 4.4 приведена первая группа наиболее легко интерпретируемых метрик, базирующихся на доле правильных ответов *accuracy*. Первые три столбца – доля изображений с указанной болезнью, которая была верно распознана. *Exact accuracy* – это доля фотографий, где модель точно распознала все болезни. Последняя метрика является довольно жесткой, так как небольшие отклонения от идеальной классификации неизбежны и допустимы, но даже в этом случае 84 % правильно распознанных болезней – внушительный результат. При этом доля верно классифицированных болезней по отдельности еще выше – от 92 до 99 %, что не ниже по качеству, чем результат эксперта-фитопатолога.

Таблица 4.4 – *Accuracy* метрики для итоговых моделей на тестовом наборе данных

Модель	Желтая ржавчина <i>accuracy</i>	Бурая ржавчина <i>accuracy</i>	Желтая пятнистость <i>accuracy</i>	<i>Exact accuracy</i>
GoogleNet	0,942	0,996	0,923	0,868
ResNet-18	0,922	0,992	0,916	0,842
SqueezeNet-1.0	0,929	0,938	0,943	0,822
DenseNet-121	0,943	0,994	0,922	0,866

Источник: составлено автором на основе результатов моделирования

В таблице 4.5 приведены глобальные метрики модели – *precision*, *recall* и *F1* в их *micro*- и *macro*-вариантах. Анализируя представленные в ней значения метрик, можно сделать выводы, что практически все модели (кроме SqueezeNet) показали сбалансированное сочетание точности и полноты в классификации,

эффективно различая объекты на изображениях даже в случае их совместного проявления. Высокие значения метрик группы *accuracy* подтверждают способность моделей точно определять классы объектов на изображениях практически без ошибок.

Таблица 4.5 – Итоговое качество исследуемых архитектур мультилейбл-классификации болезней пшеницы

Метрика	GoogleNet	ResNet-18	SqueezeNet-1.0	DenseNet-121
<i>F1 macro</i>	0,949	0,928	0,622	0,940
<i>F1 micro</i>	0,941	0,928	0,917	0,939
<i>Precision macro</i>	0,977	0,932	0,647	0,985
<i>Precision micro</i>	0,983	0,947	0,977	0,983
<i>Recall macro</i>	0,923	0,927	0,599	0,898
<i>Recall micro</i>	0,902	0,911	0,863	0,898

Источник: составлено автором на основе результатов моделирования

В системе управления фитосанитарным мониторингом сельскохозяйственных культур значимую роль играет не только идентификация вредных организмов, но и точное определение степени (интенсивности) развития болезни [244]. Традиционно данный процесс основывается на визуальной оценке, которая, несмотря на её широкую распространённость, имеет ряд существенных ограничений:

- 1) визуальная оценка требует от специалиста высокой квалификации и опыта, поскольку симптомы многих болезней схожи или перекрываются с другими повреждениями растений;
- 2) высокий уровень экспертизы не всегда доступен, особенно для небольших фермерских хозяйств;
- 3) различия в восприятии и интерпретации симптомов между экспертами могут приводить к вариативности результатов, что затрудняет стандартизацию и принятие управленческих решений.

Идея предлагаемого инновационного способа, позволяющего преодолеть перечисленные ограничения, состоит в использовании нейронной сети, которая на основе размеченных данных учится распознавать и сегментировать участки поражения на листовой поверхности без участия человека-эксперта. В качестве базисной технологии была определена архитектура *U-Net*, которая отличается способностью эффективно функционировать при работе с ограниченным объемом данных, обеспечивая высокую точность в задачах сегментации. Это достигается благодаря внедрению механизма «*skip connections*», который создает прямые соединения между слоями сжатия и расширения. Такая структура способствует передаче контекстной информации и обеспечивает высокую точность локализации объектов на изображениях, делая *U-Net* особенно ценной для применения в аграрной сфере, где критически важна точная сегментация на фоне ограниченного объема релевантных данных [18, 19].

Для обучения моделей сегментации на основе архитектуры *U-Net* был использован алгоритм, схема которого представлена в Приложении И (рисунок И.2).

На рисунке 4.7 показаны результаты моделирования для четырех объектов тестовой выборки. Первое изображение на каждом рисунке – исходный фотоснимок из тестовой выборки; второе – размеченная экспертом маска болезней; третье – результаты сегментации с помощью обученной модели. Рисунок 4.7, а и 4.7, б демонстрируют результаты моделирования желтой пятнистости для умеренно устойчивого сорта Сварог и восприимчивого сорта Таня соответственно. На рисунке 4.7, в и 4.7, г показаны результаты сегментации желтой ржавчины листьев для устойчивого сорта Алексеич и умеренно восприимчивого сорта Юма соответственно. Визуальный анализ изображений для обоих случаев выявил, что модельный *U-Net*-прогноз не уступает экспертному (человеческому).

Таким образом, модель показала высокую точность в определении зон поражения, что подтверждает её пригодность для автоматизированного анализа заболеваний растений

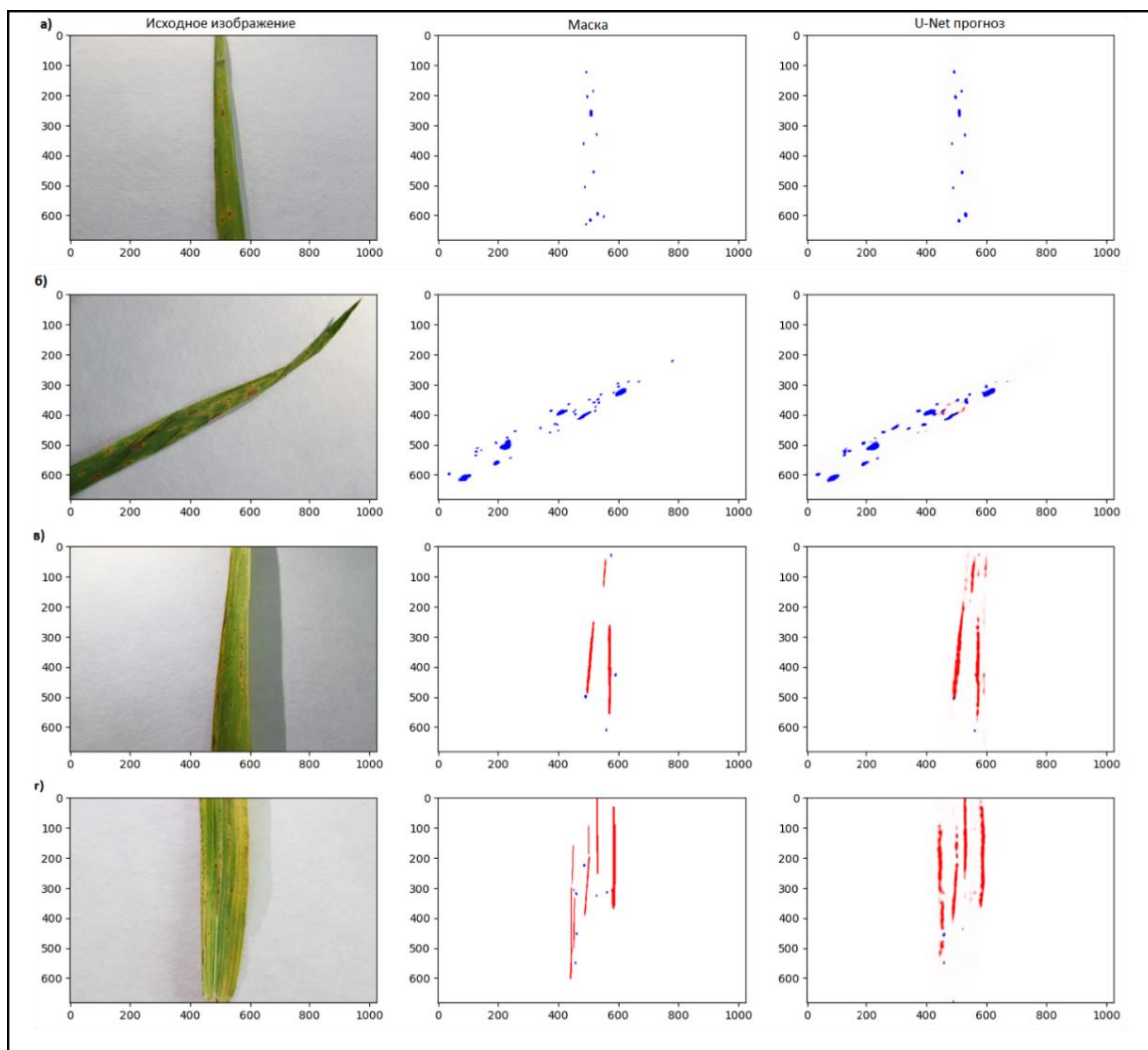


Рисунок 4.7 – Результаты семантической сегментации *U-Net* для желтой пятнистости (а, б), желтой ржавчины (в, г)

Источник: разработано автором на основе результатов моделирования

Чтобы автоматизировать процесс нахождения степени развития болезни, были обучены две сверточные нейронные сети на базе архитектуры *U-Net* для локализации двух различных областей. Первая модель, обозначенная как M1, была нацелена на выделение всей площади листовой пластины растения от остального фона, тем самым обучаясь распознавать и отделять лист от не связанных с ним элементов (рисунок 4.8). С помощью второй модели, M2, проводилась более детальная работа по сегментации конкретных участков листа, затронутых очаговыми поражениями.

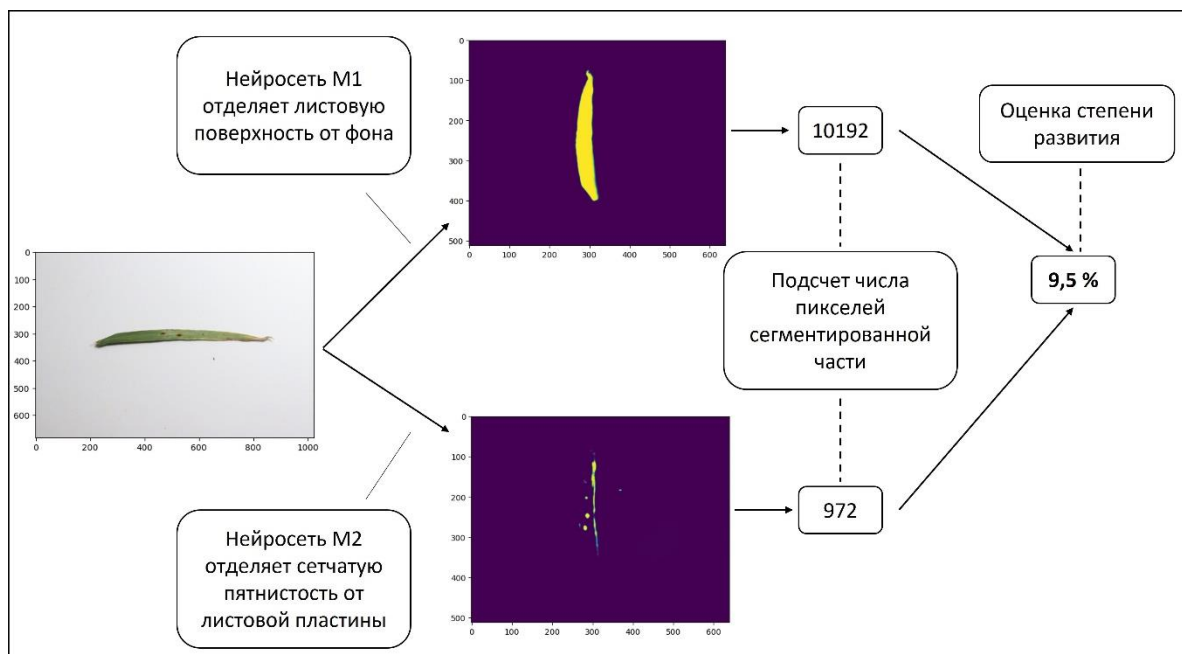


Рисунок 4.8 – Способ определения степени развития сетчатой ячменя на основе современных методов компьютерного зрения

Источник: разработано автором на основе результатов моделирования

После сегментации обеими моделями выполнялся подсчет количества пикселей, относящихся к каждому из выделенных сегментов, и рассчитывалось их отношение, что дало возможность численно оценить степень развития болезни, автоматизируя процесс нахождения решения одной из важнейших задач фитосанитарного мониторинга.

Наряду с перечисленными моделями, где ИИ показал высокие результаты за счет сокращения времени диагностики и роста доли числа точных прогнозов, высокой практической ценностью и актуальностью обладают вопросы, связанные с прогнозами развития заболеваний зерновых культур. Важно не просто диагностировать заболевание и констатировать факт степени пораженности растений на текущий момент, но и составить прогноз ее течения [21, 64, 65].

Для этого в качестве базового семейства ИИ-моделей были выбраны решающие деревья. Выбор классификационных деревьев для прогнозирования развития обосновывается несколькими факторами, делающими эти алгоритмы привлекательными по ряду причин [114]:

- 1) решающие деревья обладают высокой степенью интерпретируемости, структура ациклического графа сводит процесс принятия решений к прохождению графа от начальной (корневой) вершины до соответствующей листовой (терминальной) вершины;
- 2) решающие деревья хорошо справляются с обработкой категориальных данных, которые часто возникают в аграрной сфере;
- 3) решающие деревья способны обнаруживать и моделировать нелинейные зависимости между входными признаками и целевой переменной, что важно ввиду сложности взаимодействия различных факторов в зерновом хозяйстве;
- 4) обучение решающих деревьев обычно не требует производительных вычислительных ресурсов, это делает их доступными для применения в различных условиях, включая сельское хозяйство.

Для построения решающего дерева использовалась рекурсивная процедура машинного обучения под названием *Induction of Decision 3* (ID3), которая итеративно делит объекты на две группы на каждой итерации. Алгоритм начинает строить дерево с корневой вершины и на каждом уровне выбирает такой предикат (условие разделения), который наилучшим образом детерминирует текущий набор данных. Процесс рекурсивно повторяется для каждой полученной подгруппы. В процессе построения дерева выбор наилучшего предиката осуществляется путем оптимизации информационного критерия ветвления, который представляет собой специальную метрику. Метрика дает возможность понять алгоритму, какой признак лучше всего подходит для эффективного разделения данных на каждом уровне дерева.

В диссертации применялся широко распространенный критерий Джини (2), подсчитывающий, сколько пар объектов, принадлежащих одному классу, одновременно попадут в левую или правую дочернюю вершину дерева (при условии, что значения предиката для них совпадают):

$$Gini(\beta, X) = \#\{(x_i, x_j): y_i = y_j, \beta(x_i) = \beta(x_j)\}, \quad (2)$$

где β – предикат; X – обучающая выборка; $\#$ – оператор, подсчитывающий количество пар, удовлетворяющих условию; x_i, x_j – признаки (факторы) объектов обучающей выборки.

В результате применения процедуры ID3 было построено решающее дерево (рисунок 4.9), классифицирующее развитие болезни по трем сценариям: депрессивное развитие (Д), умеренное развитие (У) или эпифитотия (Э).

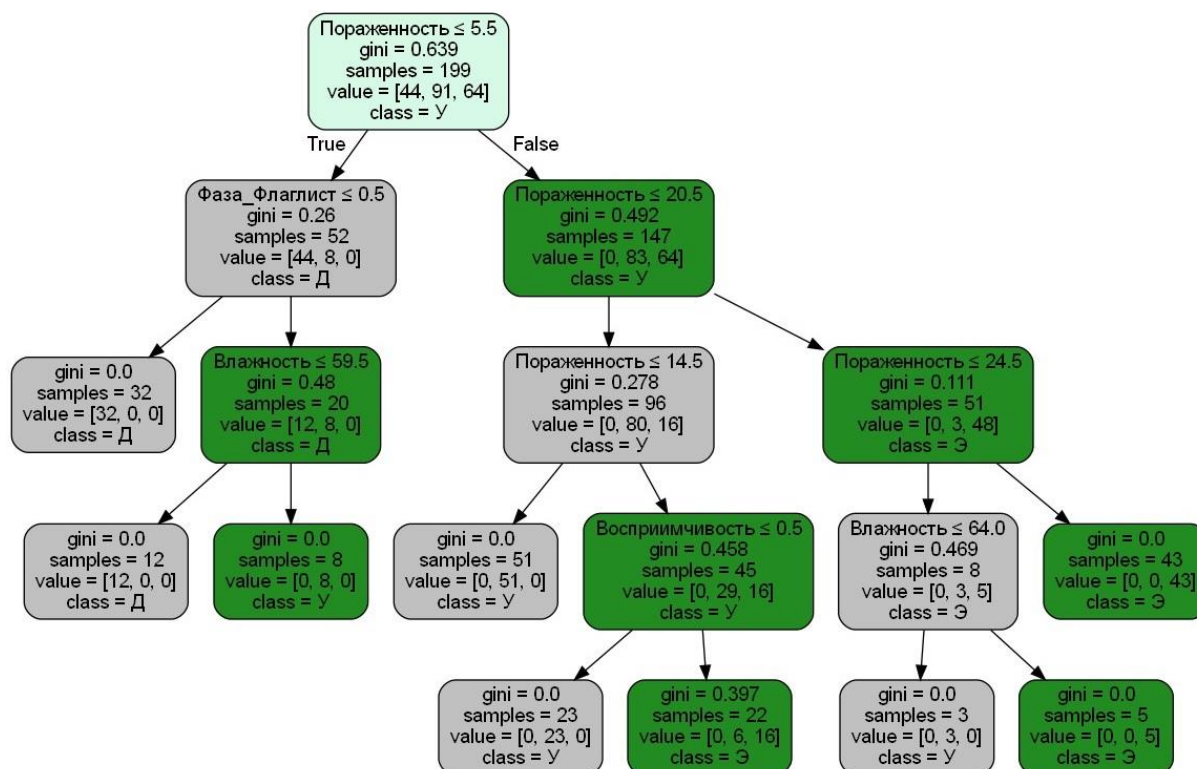


Рисунок 4.9 – Решающее дерево, классифицирующее сценарии развития сетчатой пятнистости озимого ячменя

Источник: разработано автором на основе результатов моделирования

В каждой внутренней вершине дерева выполняется разбиение по одному из четырех признаков (наблюдаемая степень пораженности листьев (%), тип устойчивости сорта ($У$ = устойчивый; $В$ = восприимчивый), фаза вегетации, в которую произошло первичное заражение, средняя относительная влажность воздуха, подсчитываемая за фазу вегетации, в которую произошло заражение (%)). При этом категориальные переменные были предварительно подвергнуты процедуре кодирования «*one-hot encoding*». Так, переменные, имеющие

изначально два уровня категорий, были бинаризованы с использованием меток 0 и 1. В данной работе примером такой переменной является «восприимчивость сорта» (восприимчивый = 1, устойчивый = 0). В случае, если у признака имелось более двух категорий, для каждой из них был создан отдельный бинарный признак.

Для оценки предсказательной способности обученного алгоритма были рассчитаны матрицы ошибок моделей на обучающей (рисунок 4.10, а) и тестовой (рисунок 4.10, б) выборках, откуда видно, что на 199 объектах обучающей выборки модель ошиблась 6 раз, перепутав класс умеренного развития болезни с эпифитотийным. Для тестовой (отложенной) выборки, которая не подавалась на вход в процессе обучения, количество ошибок составило 3 из 50. Таким образом, значение метрики *ассигасы* на обучающих и тестовых данных равно 0,97 и 0,94 соответственно, что является достаточно высоким показателем качества.

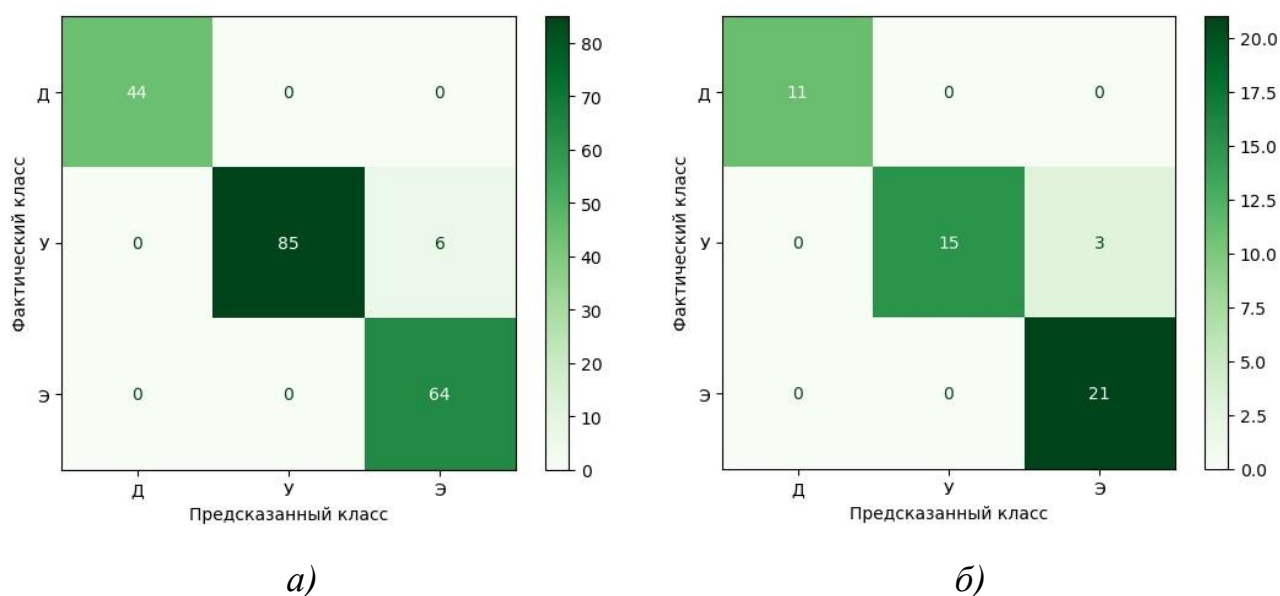


Рисунок 4.10 – Матрица ошибок модели на обучающей (а) и тестовой (б) выборках

Источник: разработано автором на основе результатов моделирования

Приведенные в данном параграфе диссертации цифровые решения могут быть интегрированы в общую стратегию фитосанитарного мониторинга зернового поля (рисунок 4.11).



Рисунок 4.11 – Стратегия выполнения фитосанитарного мониторинга зернового поля на основе разработанных ИИ-моделей

Источник: разработано автором

В первую очередь технологии компьютерного зрения помогают идентифицировать и классифицировать болезнь (мультикласс и мультилейбл). После того как патоген распознан, определяется текущий уровень развития болезни (сегментация с помощью архитектуры *U-Net*). Результаты первых двух моделей, а также некоторая экспертная информация подаются на вход третьей модели – решающего дерева, выполняющего прогноз развития болезни, обеспечивая пользователя современным инструментом поддержки принятия обоснованных управленческих решений.

Комплексная интеграция указанных цифровых решений обеспечивает пользователю современный инструмент поддержки принятия обоснованных управленческих решений, позволяя:

- повышать точность проводимых фитосанитарных мероприятий за счёт раннего выявления и прогнозирования фитопатологических рисков;
- снизить затраты на защитные меры благодаря адресному применению средств защиты растений;

- минимизировать производственные потери за счёт своевременного предотвращения эпифитотий и снижения уровня поражения растений;
- оптимизировать процесс планирования и проведения агротехнических мероприятий с учётом прогнозируемой динамики заболеваний;
- улучшить экологические показатели производства за счёт снижения применения химических средств защиты растений и более точного дозирования препаратов;
- укрепить конкурентные позиции зернопроизводящих предприятий на рынке благодаря внедрению современных цифровых технологий.

После того как модель была натренирована и показала качественные характеристики, необходимо организовать доступ пользователей к результатам ее работы. Наличие интуитивно понятных и безопасных механизмов доступа позволяет заинтересованным сторонам, не имеющим специальных знаний и обширных навыков в области информационных технологий, получить возможность просматривать, анализировать и использовать результаты предсказаний или классификаций, выполненных моделью, а также принимать на их основе обоснованные управленческие решения. Иными словами, модель должна быть интегрирована в полноценное программное решение (информационную систему), которое предоставляет пользователям доступ к её результатам и функциям. Данный этап относится к третьему блоку бизнес-процесса организации мониторинга (рисунок 4.1).

Важно разделять офлайн- и онлайн- использование модели. В первом случае данные для предсказаний накапливаются где-то заранее и затем подаются в модель все сразу или блоками. От модели, работающей в таком режиме, не требуется большой скорости и малой задержки ответа. Для этого случая подойдет практически любая модель, целесообразно будет взять тяжелые нейросети или их ансамбли – более медленные, но обеспечивающие лучшее качество прогнозов. Онлайн-использование модели, напротив, предполагает ее потоковое использование, т. е. постоянную нагрузку и высокую скорость работы модели.

Если модель должна работать онлайн в потоковом режиме, то скорость ее работы оказывается более важным параметром, чтобы успевать обрабатывать наибольшее количество запросов в единицу времени. Для таких случаев подходят более простые модели – нейросети с меньшим числом параметров. Такие модели обеспечивают приемлемое качество работы на максимально возможных скоростях. Более того, такие решения обладают высокой масштабируемостью и выдерживают большие нагрузки.

Примером использования онлайн моделей в проблеме диагностики болезней зерновых могут быть облачные сервисы, работающие в связке с соответствующим мобильным приложением. Следовательно, приложение должно быть интуитивно понятным, визуальным и предсказуемым – оно должно с минимальными трудностями вести к основным вариантам использования. В нашем случае приложение позволяет на месте фотографировать пораженный болезнью растения, посылать изображение сервису и мгновенно получать от него ответ (рисунок 4.12).



Рисунок 4.12 – Пример работы мобильного приложения по распознаванию болезней

Источник: разработано автором

Преимущества облачных сервисов обеспечивают:

- 1) доступ к данным с любого устройства, подключенного к Интернету, что способствует удобству и мобильности; пользователи могут работать с данными из любой точки мира, где есть Интернет, что улучшает совместную работу и оперативность;
- 2) масштабирование ресурсов в зависимости от текущих потребностей и объема данных; это обеспечивает возможность гибко реагировать на изменения нагрузки и эффективно управлять растущими объемами информации;
- 3) высокий уровень безопасности данных, включая шифрование и защиту от несанкционированного доступа; современные технологии и протоколы безопасности помогают защищать данные от потерь и атак;
- 4) постоянные обновления и техническую поддержку, что гарантирует использование актуальных версий программного обеспечения и доступ к последним функциям и исправлениям;
- 5) возможность избежать значительных капиталовложений в дорогостоящее оборудование и программное обеспечение; вместо этого ресурсы предоставляются в виде услуги за определенную плату, что делает их более доступными и экономичными.

Пример архитектуры включения нейросетевых моделей в высоконагруженный API сервиса продемонстрирован на рисунке 4.13, на котором отражен стандартный поток запросов к сервису.

Здесь модель размещается в ядре собственного микросервиса, который получает запросы извне и возвращает предсказания модели. В этой архитектуре также предусмотрена возможность дальнейшего обучения модели на новых данных, логирования, аналитики и мониторинга ее работы.

Некоторый клиент (браузер, приложение, другой сервис) обращается с запросом (1) к главному API сервиса. API распознает запрос, авторизует посланного запрос, проверяет права и далее транслирует запрос (2) в ядро сервиса с моделью. Ответ от модели далее возвращается назад клиенту (3), (4). Вместе с этими операциями также может проводиться логирование запросов и ответов (6),

а также сбор данных для аналитики и мониторинга работы модели (5). Операции (5) и (6) происходят параллельно основному потоку запросов и практически не влияют на скорость работы сервиса в целом.

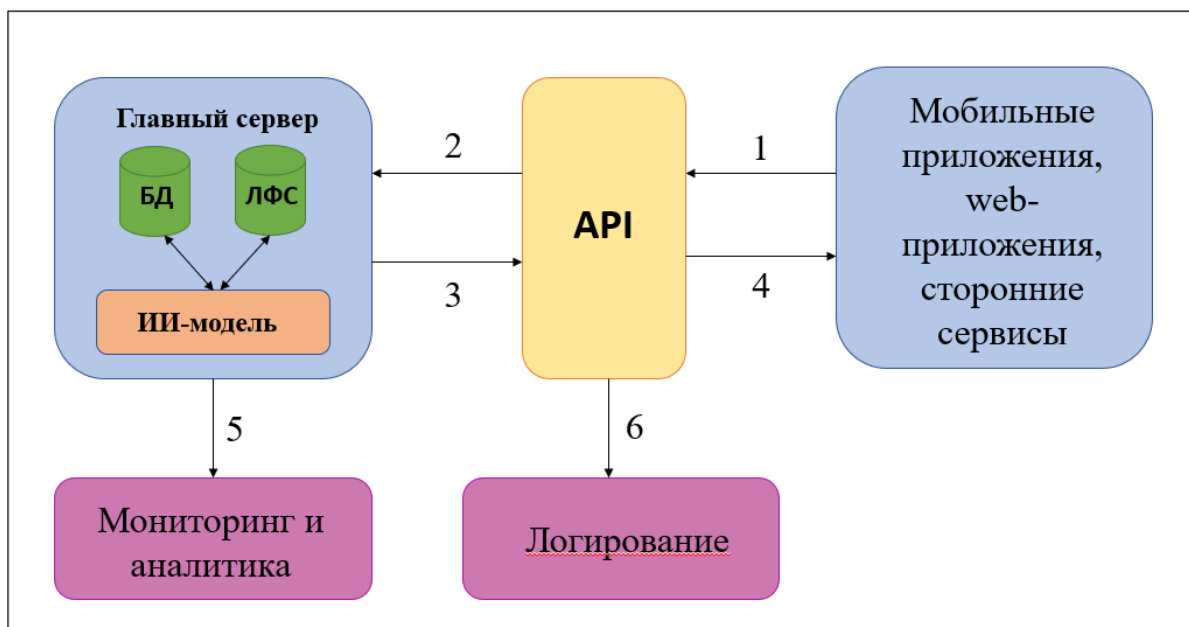


Рисунок 4.13 – Архитектура высоконагруженного сервиса

Источник: разработано автором

Опишем каждый компонент представленной на рисунке 4.13 архитектуры более подробно.

I. Клиенты сервиса – любые приложения, посылающие запросы сервису через его API.

1. Мобильные приложения для *Android*-устройств. Приложение позволяет проводить съемку растений и в реальном времени отправлять изображения сервису для анализа. Сервис при этом должен отдавать ответ достаточно быстро ввиду потенциально возможной нагрузки на него со стороны установленных приложений на большом числе мобильных устройств.

2. Веб-приложение, которое запускается в браузере. Оно является браузерной версией мобильного приложения и сравнимо с ним по функционалу. Здесь следует учесть возможные попытки взлома, фишинга и спама, обычные для

веб-приложений. Сервис, обслуживающий веб-приложения, должен обладать серьезной защитой от взлома и других несанкционированных действий извне.

3. Браузерный интерфейс для администраторов. Позволяет просматривать статистику и активность пользователей, осуществлять регистрацию, блокировку аккаунтов и другие административные функции.

4. Любые сторонние сервисы, использующие облачный сервис как клиенты. Этот сценарий возможен, когда необходимо открыть модель для работы извне сторонними разработчиками или заказчиками, но при этом не раскрывая саму модель, являющуюся интеллектуальной собственностью. Такое решение хорошо подходит для дополнительной монетизации исходного сервиса, но также требовательно к нагрузке и защите.

II. Внутренние компоненты сервиса.

API – серверный интерфейс, который принимает запросы извне. Единственная точка доступа к главному серверу (см. далее). На этом этапе происходит проверка валидности запросов, их логирование и сбор базовой статистики по запросам на сервис.

Главный сервер, принимающий запросы только от API. Не доступен для прямого обращения извне. Включает в себя следующие функции:

- обработка изображений для «мульти-класс» и «мульти-лейбл» классификации болезней зерновых культур;
- обработка изображений для семантической сегментации и определения текущей степени развития болезней;
- обработка объектов для построения прогноза течения болезни;
- регистрация и авторизация пользователей;
- предоставление аналитики для административного интерфейса.

БД – база данных (может быть SQL или NoSQL), хранящая информацию о:

- всех пользователях системы;
- всех обработанных изображениях и их метках;
- всех остальных данных, необходимых для функционирования сервиса.

ЛФС – локальная файловая система, на которой хранятся загруженные изображения пользователей.

ИИ-модель – программный модуль, содержащий код самой модели, который решает задачу классификации/сегментации/прогнозирования. Для каждой задачи имеется отдельная модель со своей кодовой базой, базой данных и LFS.

Предложенная архитектура представляет собой эффективный и масштабируемый подход для интеграции нейросетевых моделей в удаленные сервисы, обеспечивая предсказания модели на основе внешних REST-запросов. Размещение модели в ядре собственного микросервиса гарантирует быстрый доступ и оптимальное использование ресурсов. Возможность дальнейшего обучения модели на новых данных придает гибкость и актуальность применению алгоритма в динамически меняющихся условиях, что важно для актуальности предсказаний и повышения качества модели. Предусмотренные операции логирования, аналитики и мониторинга работы модели обеспечивают прозрачность процессов и позволяют отслеживать работу системы, выявлять потенциальные проблемы и оптимизировать ее производительность. Показанный на рисунке 4.13 стандартный поток запросов к сервису демонстрирует понятную и легко воспроизводимую последовательность взаимодействия клиента с сервисом, что влечет за собой простоту внедрения и использования архитектуры в различных сценариях. Операции логирования и сбора данных для аналитики и мониторинга проводятся параллельно с основным потоком запросов, минимизируя влияние на скорость работы системы в целом и способствуя ее стабильности и надежности.

Спроектированная модель работы с данными позволяет всем участникам процесса управления зерновым производством иметь равнозначный доступ к информации, существенно сокращать время ее обработки, оптимизировать систему действий в пределах своей компетенции и в интересах бизнес-процесса.

4.3 Алгоритм принятия управленческих решений с использованием информационных систем, ориентированных на производство зерна

Любое управленческое решение (вне зависимости от сегмента производственной деятельности) – это ситуация выбора наилучшего варианта действий из доступных альтернатив. Когда управленец сталкивается с ситуацией выбора, ему предстоит проанализировать информацию, оценить возможные последствия каждого варианта решения, а затем принять наиболее подходящее решение с учетом поставленных целей и ограничений.

Независимо от группы (хлебные и зернобобовые), в которой субъект осуществляет деятельность, процессу принятия решений свойственны этапы, приведенные на рисунке 4.14.

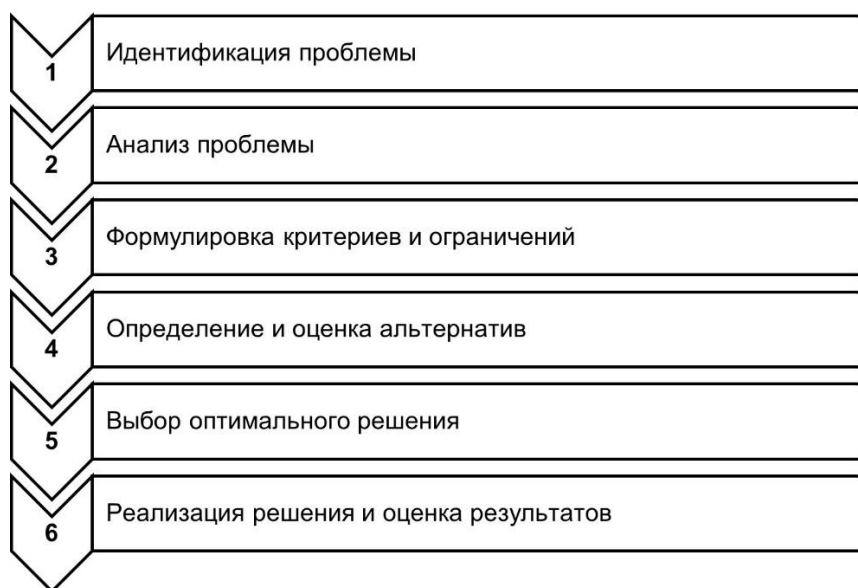


Рисунок 4.14 – Алгоритм принятия управленческих решений

Источник: составлено автором

1. *Идентификация проблемы.* Любой процесс принятия управленческих решений начинается с анализа необходимости принятия данного решения. На данном этапе собирается первичная информация об объекте управления и о сложившейся ситуации. Осуществляется всесторонний анализ причин возникновения проблемы, а также выявляются лица, связанные с ней, и

применяемые ими меры в аналогичных ситуациях. Изучается опыт других организаций и сотрудников.

2. *Анализ проблемы.* Здесь информация подвергается анализу и оценке при помощи различных методов и инструментов, таких как мозговой штурм, статистический анализ, моделирование. Цели анализа – выявление важных характеристик проблемы, выяснение взаимосвязей и влияния факторов, а также предварительная оценка возможных решений. Данный этап способствует более глубокому пониманию сути проблемы и определению перспективных путей ее решения.

3. *Формулировка критериев и ограничений.* Критериальный язык описания выбора – наиболее простой, широко распространенный и хорошо развитый подход, который часто используется на практике. Он основан на предположении, что каждую альтернативу можно оценить численным значением критерия, что позволяет сравнивать альтернативы, сводя сравнение альтернатив к сравнению чисел. Ограничения определяют рамки и условия, которые необходимо учитывать при выборе решения.

4. *Определение и оценка альтернатив.* На данном шаге обеспечивается максимальная полнота вариантов возможных решений, что позволяет впоследствии выбрать оптимальный вариант. В случае стандартных решений этот этап редко представляет сложности, так как альтернативы обычно ограничены известным набором вариантов. Далее каждая альтернатива оценивается с точки зрения сформулированных критериев.

5. *Выбор оптимального решения.* Поиск оптимального значения целевого критерия выполняется на множестве возможных альтернатив. В процессе анализа, оценки и сравнения этих альтернатив с целью достижения поставленной цели учитываются формальные результаты предыдущего шага. Выбранные варианты должны быть наиболее близки к поставленным целям и предпочтениям организации.

6. *Реализация решения и оценка результатов.* После выбора оптимального с точки зрения критерия решения процесс не заканчивает свою

функцию, так как сам выбор не приносит организации немедленных результатов. Чтобы понять и оценить реальную ценность и выгоду выбранного решения, лицо, принимающее решение, должно его реализовать. Таким образом, после выбора альтернативы следует еще один этап процесса принятия решения, включающий разработку и внедрение плана действий, соответствующих принятому решению, контроль за его выполнением, оценку результатов и корректировку при необходимости. Реализация решения является ключевым моментом в процессе управления и может зависеть от различных факторов, таких как сроки, бюджет, риски и предпочтения организации. Окончательное решение должно быть основано на анализе и обдумывании всех соответствующих факторов, чтобы обеспечить наилучший для организации результат.

В отдельных ситуациях исследователи дополняют представленную схему новыми компонентами или декомпозируют отдельные этапы. Например, С. А. Хлынов этапы и процедуры процесса принятия решения объединяет в последовательную цепочку блоков, при внимательном рассмотрении которых обнаруживаются все те же (рисунок 4.14) структурные элементы [215]. В. А. Созинов первым необходимым шагом считает выявление и анализ проблемной ситуации [188]. П. Кит и Ф. Янг полагают, что начало процесса принятия решения должно базироваться на постановке целей и задач, а также дифференциации факторов влияния (природные и антропогенные) [84].

Несмотря на некоторые отличия в структуре, каркас процесса принятия решений остается универсальным для различных ситуаций зернового производства, их обязательными элементами остаются анализ и оценка информации, установление критериев и ограничений, исследование альтернативных решений, выбор оптимального варианта и его последующая реализация.

Принятие решений в зерновом производстве характеризуется высокой степенью неопределенности, обусловленной воздействием множества экзогенных и эндогенных факторов. Главный барьер в этом процессе связан с неопределённостью результатов, которая особенно ярко проявляется на этапе

оценивания альтернатив. В контексте предложенной схемы принятия решений это выражается в ряде ключевых проблем.

Во-первых, влияние недетерминированных факторов внешней среды, характерное для зернового хозяйства, может значительно исказить результаты анализа альтернативных стратегий. Например, погодные условия, состояние рынка и эпифитотии часто не поддаются точному прогнозированию, что затрудняет корректную оценку ожидаемых результатов.

Во-вторых, ограниченная точность существующих инструментов анализа и прогнозирования, а также необходимость принимать решения в сжатые сроки создают дополнительное давление на лиц, принимающих решения (ЛПР). Это давление приводит к повышенной вероятности ошибок, упущенных возможностей и задержек в реализации управленческих стратегий, что негативно сказывается на эффективности хозяйства.

В-третьих, модели и прогнозы, используемые в процессе принятия решений, сталкиваются с ограничениями как с точки зрения их точности, так и способности учитывать сложные взаимосвязи в зерновом производстве. Недостаточная база данных и невозможность получить несмещённые оценки параметров моделей только усугубляют эту проблему.

В-четвертых, принятие решений в зерновом хозяйстве должно быть оперативным и своевременным. Задержки на любом из этапов, особенно при оценке альтернатив, ведут к потере экономической выгоды и увеличению рисков.

Таким образом, ключевой аспект рассматриваемого процесса заключается не в количестве блоков для формализации всей схемы и не в выборе первоначального этапа. Основополагающее значение имеет то, каким образом в текущих условиях можно устранить неоднозначность выбора альтернативы. По этой причине классический подход, с одной стороны, служит универсальным и стандартизированным инструментом для управленческих решений, структура которого может стать основой для систематизации процесса, с другой – отсутствие учета неопределенности факторов внешней среды делает использование данного подхода невозможным в реальном производственном цикле.

На наш взгляд, снятие перечисленных ограничений применительно к процессу производства зерна лежит в плоскости использования интеллектуальных технологий, в качестве того цифрового базиса, на котором должна выстраиваться конструкция будущей информационной интеллектуальной системы поддержки принятия решений зернового производства (далее – ИИС). Преимущества использования ИИС обусловлены рядом причин (рисунок 4.15). Во-первых, они способны анализировать большие объемы данных и учитывать сложные неопределенные факторы. Во-вторых, такие технологии могут предоставлять сельхозпроизводителю рекомендации и аналитику, основанную на точных данных и прогнозах, способствуя принятию более обоснованных решений.

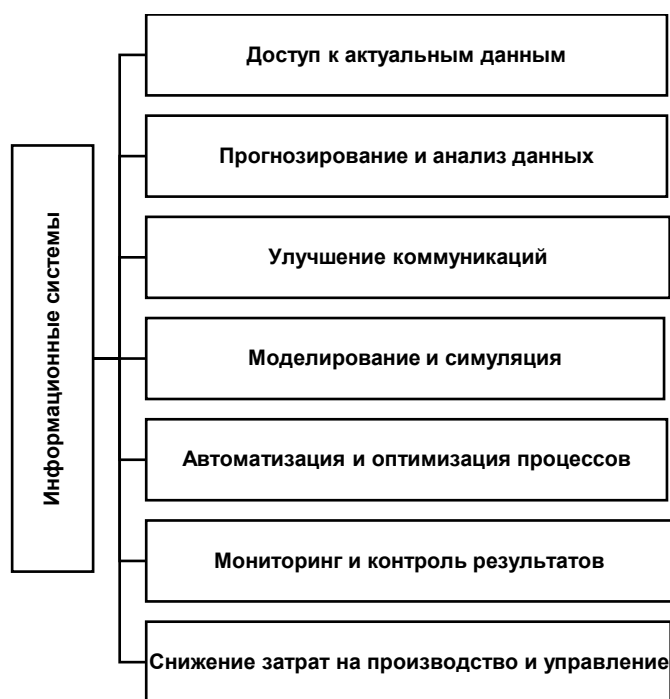


Рисунок 4.15 – Преимущества использования интеллектуальных информационных систем в процессе принятия управленческих решений в производстве зерна

Источник: составлено автором

Третья ключевая возможность содержится в коммуникативной функции – особенности системы обеспечивать эффективный обмен информацией между различными участниками бизнес-процесса производства зерна, играя решающую роль в их согласованности, взаимодействии и координации действий.

Автоматизация рутинных задач и процессов освобождает управленцев от монотонной работы, позволяя им сконцентрироваться на стратегических и творческих аспектах принятия решений. При этом исключается человеческий фактор ошибок при выполнении рутинных операций, что также способствует оперативному и точному принятию решений. Адаптивная функция, в свою очередь, обогащает опыт пользователя и предоставляет ему индивидуализированные рекомендации и релевантные решения на основе актуальных данных. Наконец, функция мониторинга и контроля результатов ранее выполненных действий выявляет отклонения от плана и при необходимости корректирует его для достижения поставленных целей. Это обеспечивает непрерывный мониторинг и управление процессами, что особенно важно в сферах с высокой динамикой и оперативностью. Выступая своеобразным фильтром неопределенности и вариабельности, информационные системы снижают негативные последствия непредвиденных событий и создают условия для устойчивого функционирования процесса зернового производства.

Нами было выделено три принципиально различных случая использования таких систем (рисунок 4.16).

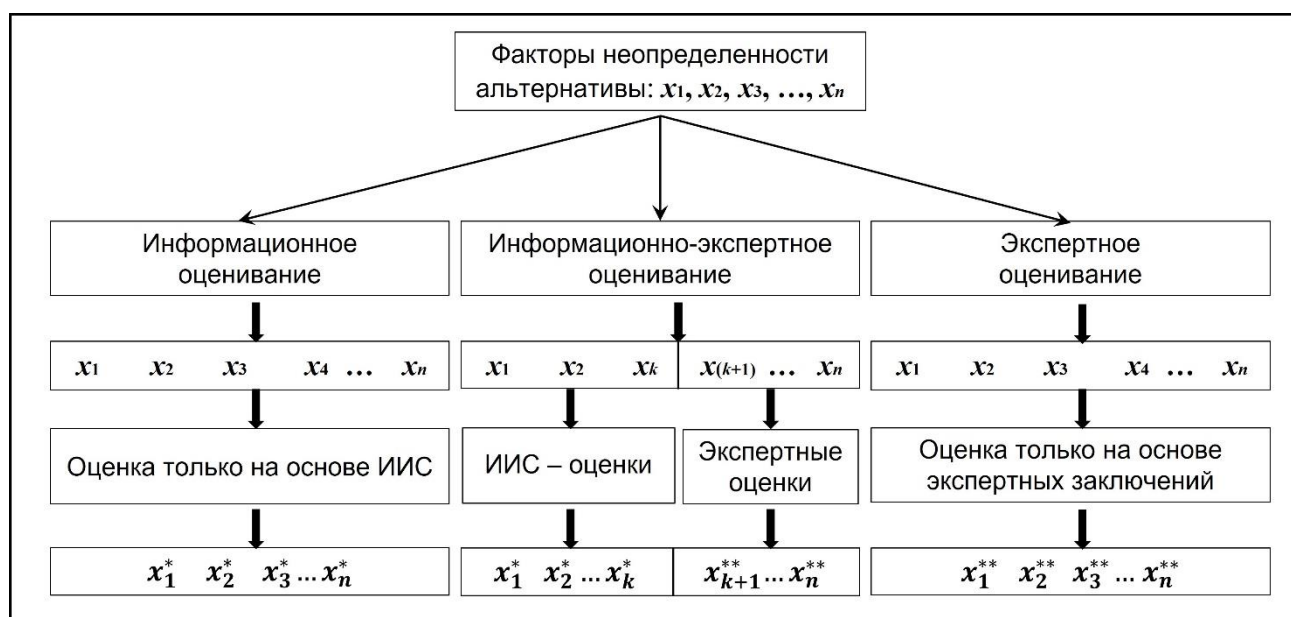


Рисунок 4.16 – Варианты использования ИИС в процессе принятия решений

Источник: разработано автором

В первом из них вся неопределенность внешней среды снимается исключительно за счет использования ИИС без участия человека. При этом значительно уменьшается вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, таких как усталость, эмоции или недостаток внимания. Мгновенная реакция на изменения условий функционирования процессов за счет перестраивания решений в соответствии с новыми данными повышает надежность и качество принимаемых решений. И все эти процессы реализуются непрерывно, в режиме 24/7, без потери эффективности.

Второй сценарий предполагает использование ИИС для оценки части факторов (экстраполяция в прогнозировании урожайности, обнаружение заболеваний культур на ранних стадиях, распознавание ареала распространения вредителей), в то время как другие из них оцениваются на основе экспертных оценок либо непосредственно ЛПР. Данный подход сочетает в себе автоматизированные данные с опытом и знаниями специалистов, что может привести к более достоверной и всесторонней оценке. Важно отметить, что такой метод учета экспертных мнений дополняет возможности ИИС, внося в процесс аспекты, которые трудно охватить исключительно технологическими алгоритмами.

Существует широкий спектр ситуаций, в которых применимость информационных систем является менее предпочтительной и даже излишней. Например, если решения в основном зависят от predetermined параметров или ограничиваются небольшим объемом данных, то более простые аналитические методы могут показать хорошие результаты. Это, конечно, не отменяет тот факт, что даже в условиях ограниченных данных и простых методов анализа необходимо стремиться к непрерывному совершенствованию и оптимизации процессов принятия решений. Постоянное обновление и адаптация к изменениям в окружающей среде содействуют созданию более эффективных и устойчивых стратегий.

В третьем случае все факторы определяются экспертно, без использования ИИС. В отличие от других подходов данный метод обеспечивает решения на

основе профессиональных знаний специалистов, обладающих опытом в соответствующей области, и может быть применен в ситуациях, когда доступных данных недостаточно для автоматизированной оценки или когда участники принятия решений полагают, что их собственные знания и опыт имеют большее значение. Экспертное оценивание позволяет учесть контекстные детали и специфику ситуации, однако может сопровождаться высокой степенью субъективности и возможными ограничениями, связанными с личными предпочтениями и уровнем экспертизы. Кроме того, зависимость выбора альтернативы от чьего-либо мнения ограничивает масштабируемость и переносимость решений на другие ситуации.

Дополнительная поддержка в части экспертных оценок может быть получена с помощью использования технологий генеративного интеллекта. Как было отмечено в параграфе 3.2, технологии, подобные AgriGPT, обладают серьезным потенциалом для совершенствования работы информационно-консультационной службы в зерновом секторе, которая может быть интегрирована в приведенную на рисунке 4.16 схему, расширяя и обогащая аналитический потенциал экспертных оценок.

Выбор между подходами к использованию ИИС, их преимущества и недостатки зависят от конкретной задачи, доступности данных, уровня доверия к экспертам и требований к точности принимаемых решений (таблица 4.6).

Комбинация различных методов и подходов может оказаться самой эффективной стратегией для сбалансированного и адаптивного процесса принятия решений в управлении бизнес-процессами производства зерна. При грамотной организации процессов сбора, разметки, хранения, обмена данными интеграция ИИС повышает эффективность принимаемых решений за счет улучшения качества анализа и прогнозов.

Например, определение вида болезни и степени ее развития, с одной стороны, может оказаться сложной задачей для фермера, не обладающего специальными знаниями в области патологии растений. С другой стороны, обе задачи, как показано ранее (параграф 4.2), могут быть качественно смоделированы

с использованием инструментария компьютерного зрения, а значит, применение интеллектуальных систем является оправданным и перспективным.

Таблица 4.6 – Преимущества и недостатки использования ИИС в процессе принятия решений

Вариант использования	Описание	Преимущества	Недостатки	Применимость
Полностью автоматизированное оценивание	Все факторы неопределенности анализируются исключительно с помощью ИИС	Минимизация субъективных ошибок	Минимизация субъективных ошибок; высокая скорость обработки данных	Все факторы неопределенности анализируются исключительно с помощью ИИС
Смешанное оценивание (ИИС + экспертные оценки)	Комбинация автоматизированного анализа данных с экспертными оценками специалистов	Учет специфических факторов, которые трудно формализовать	Зависимость от квалификации экспертов; риск субъективности в экспертных оценках	Оптимально для учета локальных особенностей хозяйства
Экспертное оценивание	Все факторы неопределенности детерминируются исключительно экспертами без использования ИИС	Возможность использования глубоких знаний и интуиции специалистов	Высокая субъективность оценок, низкая скорость оценивания, риски ошибок из-за человеческого фактора	Применимо при отсутствии достаточных данных или инфраструктуры для работы ИИС

Источник: разработано автором

В то же время показатели устойчивости сорта и фазы вегетации, которые выступают входными параметрами в модели прогнозирования, могут быть оценены самим сельхозпроизводителем, так как первый из них вообще детерминирован, а для определения второго достаточно воспользоваться стандартными календарными сроками. Поэтому комбинированное использование ИИС и человеческой экспертизы в некоторых случаях позволяет достичь оптимального баланса между автоматизацией и адаптивностью к специфическим условиям, снижая нагрузку на фермеров и повышая обоснованность и скорость принимаемых решений.

Заключительный шаг оценки альтернативы – агрегация очищенных от неопределенности факторов с целью получения единого показателя или оценки, которая будет служить основой для сравнительного анализа различных сценариев выбора. На данном этапе выполняется окончательное сопоставление между альтернативами на основе ранее обработанных и оцененных данных.

Агрегация факторов может выполняться разными методами в зависимости от поставленных целей и характеристик задачи. Одним из распространенных подходов является взвешенная сумма, где каждый фактор умножается на его весовой коэффициент (чаще всего определяемый экспертно), отражающий его относительную важность, после чего полученные значения суммируются. Таким образом, показатели с большим влиянием на результат будут иметь больший вес в окончательной оценке.

Другой метод – разработка специальных математических моделей сверток, способных учесть не только важность факторов, но и их взаимосвязи и влияние друг на друга. Этот подход может быть особенно полезен в сложных задачах, где решения могут оказывать влияние на несколько различных аспектов.

С практической точки зрения выбор подходящего инструмента (модель или экспертная оценка) зависит от наличия исторических данных, содержащих в себе информацию о прошлых событиях, трендах, результатах принятых решений и их последствий. Обладая объемными репрезентативными выборками, разработчик ИИС получает весь арсенал интеллектуальных инструментов, начиная от линейной регрессии и заканчивая нейронными сетями. В таких ситуациях знания, накопленные людьми о проблемной ситуации, заменяются знаниями, извлекаемыми вычислительными алгоритмами из наборов данных. Остается лишь выбрать подходящую метрику качества алгоритма и выполнить перебор обученных моделей с последующим их сравнением на тестовых наборах.

Особого внимания в контексте зернового производства заслуживают деревья решений – интеллектуальные алгоритмы, имеющие иерархическую древовидную структуру, которая состоит из корневого узла, ветвей, внутренних узлов и конечных листовых вершин. Преимущества деревьев решений перед

другими моделями можно выделить на основе двух ключевых аспектов. Во-первых, они способны учитывать показатели как количественного, так и качественного содержания, влияние последних сложно переоценить при производстве зерна. К ним, например, относятся типы почв, виды агротехнических мероприятий, болезни и вредители, типы устойчивости сортов к патогенам и др. Во-вторых, деревья решений обладают высокой степенью интерпретируемости, поэтому их результаты легко объяснить экспертам и заинтересованным сторонам. Возможность объяснить, как и почему была выделена определенная альтернатива на основе деревьев решений, делает процесс прозрачным и понятным для всех участников. Если накопленные исторические данные отсутствуют или их недостаточно для построения математических моделей, но имеются знания и опыт специалистов, перспективным методом агрегирования признаков выступает нечетко-множественный анализ, представляющий собой мощный инструмент извлечения и учета знаний экспертов.

Главным преимуществом нечетко-множественного анализа является его способность работать с неполной и нечеткой информацией, что характерно для многих сельскохозяйственных операций. Например, существенное влияние на урожайность зерновых культур оказывают климатические условия, состояние и качество земель, запасы влаги в почве, физиология растений, смещение границ природно-климатических зон и пр. В этих условиях экспертные знания, формализованные в виде полной и непротиворечивой системы логических правил, устанавливающих взаимосвязь между входными переменными и результирующим показателем, оказываются малоэффективными и требуют дополнения в поиске объективных входных параметров.

С учетом перечисленных требований и замечаний представляется возможным структурировать алгоритм принятия управленческих решений на основе использования интеллектуальных информационных систем, нацеленных на оптимизацию бизнес-процесса зернового производства в целом (рисунок 4.17).

Данный алгоритм может быть визуализирован в форме логической схемы, которая представляет собой последовательность шагов и взаимодействий между ними.

Устойчивость производства зерна базируется на взаимосвязанных факторах: природно-биологических, эколого-агротехнических, социально-экономических, в рамках которых обобщающим критерием как раз и является алгоритмизация управленческих решений. Представленная схема дает концептуальный подход к оптимизации использования указанных факторов, добавляя к ним критерии уровня интенсификации производства (в нашем случае это его интеллектуализация) и элементы совершенствования материально-технического обеспечения.

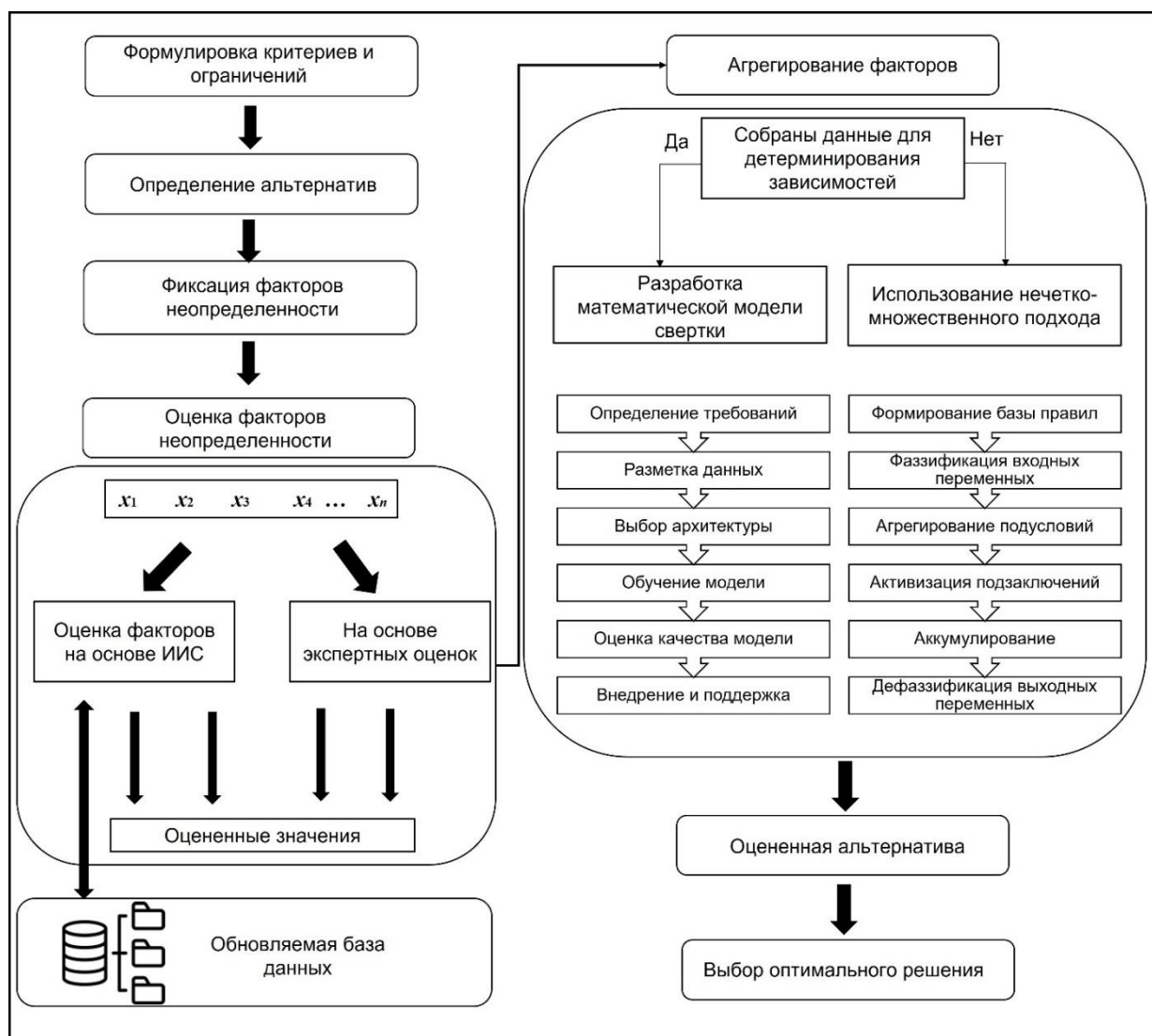


Рисунок 4.17 – Алгоритм принятия управленческих решений с помощью интеллектуальных ИС

Источник: разработано автором

Таким образом, формализованный алгоритм принятия управленческих решений в рамках цифрового мониторинга производства зерна опосредует процесс выбора способа действий, направленных на разрешение выявленной проблемы при одновременном определении возможности использования альтернативного регламента.

Выводы по разделу 4

1. В обоснование методологии цифрового мониторинга была разработана процессная модель организации интеллектуального фитосанитарного мониторинга зернового поля, позволяющая конкретизировать и детализировать шаги проекта интеллектуализации на территориальном уровне. В соответствии с процессной моделью в работе были выполнены необходимые действия, направленные на внедрение цифровых прикладных бизнес-решений в производственную деятельность.

2. Создана информационная база биотических данных, охватывающая широкий спектр заболеваний озимой пшеницы, озимого ячменя, кукурузы и риса, содержащая 13 732 объекта, классифицированных по 10 классам разнообразных болезней, характерных для патокмлекса Краснодарского края. Создание такой базы данных стало ключевым шагом в обучении моделей машинного обучения, способных эффективно диагностировать болезни растений на основе их изображений.

3. Разработаны прикладные решения, обеспечивающие три основных уровня анализа, соответствующих трем базовым задачам фитосанитарного мониторинга: обнаружение болезни, определение степени ее развития и составление прогноза ее течения. Проведенная оценка качества результатов моделирования показала высокую надежность и точность разработанных моделей,

что подтверждает их пригодность для интеграции в систему цифрового фитосанитарного мониторинга.

4. Предложена архитектура высоконагруженного сервиса, представляющая собой эффективное и масштабируемое решение для интеграции нейросетевых моделей в удаленные сервисы, обеспечивая высокую доступность и функциональность модели при обработке внешних запросов от пользователей.

5. Разработан алгоритм принятия решений как интегрированный подход, основанный на использовании интеллектуальных систем и экспертных оценок, ориентированных на зерновое производство. Объединяя различные типы бизнес-решений, основанных на нейронных сетях (классификация, сегментация, регрессия), интеллектуальная система обеспечивает общее снижение уровня неопределенности факторов, влияющих на процессы производства зерна, повышая точность и скорость принятия решений. Кроме того, важным элементом авторской модели является интеграция экспертных оценок, полученных от профессионалов в области зернового производства. Экспертные знания могут учитывать особенности местных условий, климата, сезонных факторов и других контекстуальных аспектов, которые могут сказаться на состоянии зерновых культур. Такое взаимодействие между искусственным и естественным интеллектом помогает улучшить общую надежность системы и повысить доверие к ее результатам.

РАЗДЕЛ 5 ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА РАЗВИТИЯ: КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

5.1 Цифровые императивы повышения эффективности процесса создания стоимости производства зерна

Несмотря на то, что организация системы цифрового мониторинга в зерновом секторе АПК представляет собой субметодологию по отношению к более широкой методологии инновационных решений в управлении бизнес-процессами АПК, выработанный в диссертации комплексный подход к системе мер, принципов, способов организации, построения процесса наблюдения и контроля за производством зерна позволяет выполнить проекцию и систематизировать ряд направлений общего характера, охватывающих все зерновое хозяйство и обеспечивающих повышение эффективности создания стоимости зерна в условиях цифровизации.

Определение дополнительных резервов для создания добавленной стоимости продукции зернового производства невозможно без организованной и структурированной системы наблюдения, определяющей базис всей управленческой деятельности. Чтобы обнаружить слабые места в производственном цикле необходимо в первую очередь проанализировать текущие процессы и идентифицировать области, требующие оптимизации. Нарастающая сегодня стремительными темпами интеллектуализация всей аграрной сферы открыла новые уникальные возможности не только для внутренней интеграции процессов по всей цепочке создания стоимости, но и для системы мониторинга всей линейки хозяйственной операции в виде точного, информированного и непрерывного наблюдения за всеми аспектами зернового производства. Современные технологии и инновации, включая искусственный интеллект, анализ больших данных, интернет вещей революционизировали способы, которыми сельскохозяйственные производители могут отслеживать и

управлять своими основными процессами, влияя тем самым на конечную стоимость продукции как за счет сокращения времени принятия решений, так и в результате повышения точности предсказаний;

Из рисунка 5.1 видно, что мониторинг в его интеллектуальной фазе служит не только цели внутренней диагностики бизнес-процессов, но и является связующим звеном с участниками аграрного производства, расположенных на всех уровнях создания стоимости. Такая интеграция достигается через создание центральной базы данных мониторинга, которая приобретает универсальный характер и выполняет функции источника информации для отраслевого бизнеса, агрегаторов, исследовательских организаций, вендоров, институтов развития и государственных органов, создавая важное общее пространство для взаимодействия и принятия решений.

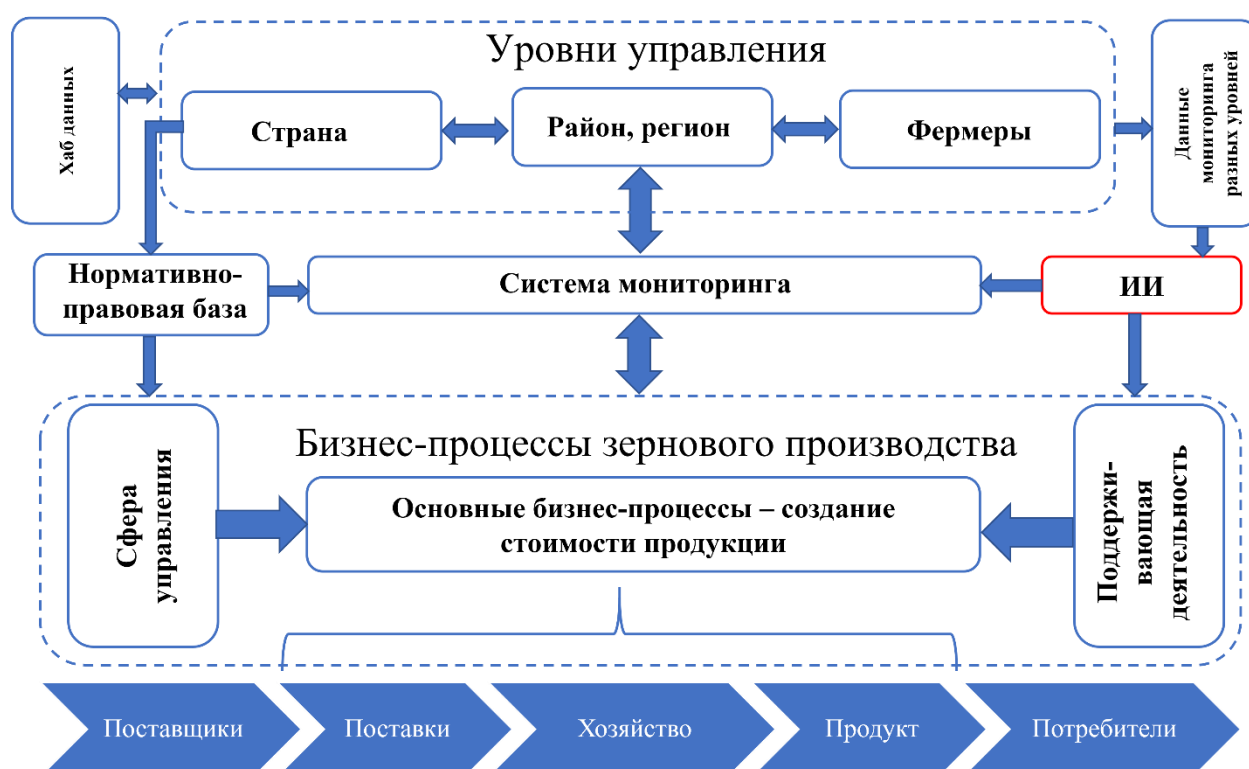


Рисунок 5.1 – Формирование цепочки создания стоимости в зерновом производстве на основе искусственного интеллекта

Источник: составлено автором

Многоуровневость управления отдельными этапами частных бизнес-процессов, начиная от оперативного и технического управления на нижних уровнях до стратегического руководства наверху. Каждый уровень имеет свои задачи и область компетенции. Целеполагание в данном случае выстраивается таким образом, чтобы цели и задачи базовых, нижних звеньев соответствовали главной стратегической цели, сформулированной менеджментом высшего звена. В зерновом комплексе, где цепочка объединяет в себе сложную сеть взаимосвязанных бизнес-процессов, координация и взаимодействие между уровнями становится критически важной задачей, решение которой обеспечивается через эффективное взаимодействие и согласованность между всеми звеньями процесса создания стоимости продукции, в том числе через систему мониторинга, что в конечном итоге также оказывает влияние на конечную стоимость.

При этом переход к новой инновационной модели создания стоимости встречает на своем пути два главных барьера. Первый – культурный, который связан с существующими установками, ценностями и привычками людей, участниками цифровой трансформации. Внедрение инноваций сопряжено с изменениями существующих рабочих процессов и подходов, отказом от привычных методов работы. Люди сопротивляются изменениям, опасаясь неизвестного, страшась потерять свои привычные роли и статус. Второй барьер определяется формальными или неформальными правилами и процедурами, которые регулируют деятельность индивида, организации или всей отрасли. Инновации требуют изменения существующих систем, стандартов и норм, которые появляются и успешно функционируют внутри существующих институтов [22].

Реализация идеи инновационного подхода к управлению созданием стоимости в контексте институциональных барьеров требует пристального внимания к кадровому потенциалу в отрасли производства зерна. Нехватка квалифицированных специалистов одна из самых острых проблем отечественного АПК. Сельское хозяйство и зерновое производство сталкиваются с недооценкой

со стороны общества и отсутствием привлекательных перспектив для развития карьеры. Это связано с множеством факторов, включая устаревшие стереотипы о сельской жизни, физическую трудоемкость, недостаточное внимание к профориентационной работе среди молодежи.

В сегодняшнем быстро меняющемся технологическом ландшафте навыки работы с цифровыми технологиями становятся незаменимыми для достижения прогресса и повышения эффективности функционирования процесса создания стоимости. Без рабочей силы, обладающей необходимыми цифровыми компетенциями, агробизнес не сможет эффективно внедрять инновационные технологии, оптимизировать производственные процессы и повышать конкурентоспособность на рынке.

Усугубляет кадровую проблему разрыв между образовательными программами учебных заведений аграрного профиля и квалификационными критериями бизнеса. Стремительный рост информационных технологий и инноваций в реальном секторе экономики с каждым годом усиливает разрыв между компетенциями, которыми обладают специалисты – выпускники высших и средних учебных заведений, и требованиями рынка труда. Бизнес всегда предъявляет спрос на новые компетенции, которые сопряжены с внедрением новых технологий в производственный процесс. Когда преобразования в бизнес-среде принимают массовый характер, а система образования не успевает адаптироваться, возникает кадровый голод, который тормозит запуск преобразований. Причин такого несоответствия несколько:

- низкая скорость адаптации образовательных программ к быстро меняющимся технологиям и инновациям в сельском хозяйстве, приводящая к недостаточной подготовке выпускников;
- сдвиг акцента в обучении на теоретические положения без должного внимания к практическим навыкам и реальным цифровым вызовам, с которыми сталкиваются сельскохозяйственные организации;

– отсутствие тесного взаимодействия между образовательными учреждениями и инновационными предприятиями, что приводит к непониманию в образовательной среде потребностей рынка труда.

Переосмысление сельскохозяйственного производства как архаичной области традиционных продуктов и технологий является первым шагом в повышении престижа аграрных профессий. Адаптация аграрного образования к требованиям цифровой эпохи позволит университетам и образовательным учреждениям воспитать новое поколение лидеров зернового производства, способных поддерживать инновации, внедрять и продвигать практики их использования. Обязательными являются организация программ стажировок и практик для обучающихся на площадках передовых инновационных агропредприятий, внедрение проектной деятельности в учебный процесс, непрерывное повышение квалификации и снижение учебной нагрузки преподавателей. Это будет способствовать повышению качества учебного процесса, содействуя развитию университетских исследований, ориентированных на бизнес-среду.

Россия, будучи одной из крупнейших аграрных держав в мире, сталкивается с серьезным отставанием от развитых стран по качеству научного продукта, что в первую очередь объясняется низким уровнем финансирования аграрной науки, а также рядом других ограничений (рисунок 5.2).

Достаточно отметить, что в России отношение государственных затрат на науку в сельском хозяйстве к добавленной стоимости отрасли составляет 0,37 %, в то время как в экономически развитых странах этот показатель в 7–10 раз выше [11]. Если в 2022 г. в целом по народному хозяйству доля затрат на исследования и разработки в общем объеме затрат на инновационную деятельность составила 41,2 % (1 097 млрд руб.), то для сельского хозяйства этот показатель равен лишь 3,1 % (1,52 млрд руб.) [119].

В России доминирующим заказчиком научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских работ (НИОКР) для аграрной науки является государственный сектор (доля бюджетных средств в портфеле внутренних затрат

стабильно превышает 60 %), при этом свыше 95 % всех расходов аккумулируют государственные учреждения (НИИ, университеты), многие из которых за последние годы утратили связь с реальным сектором экономики и развивают науку «внутри себя» [72].

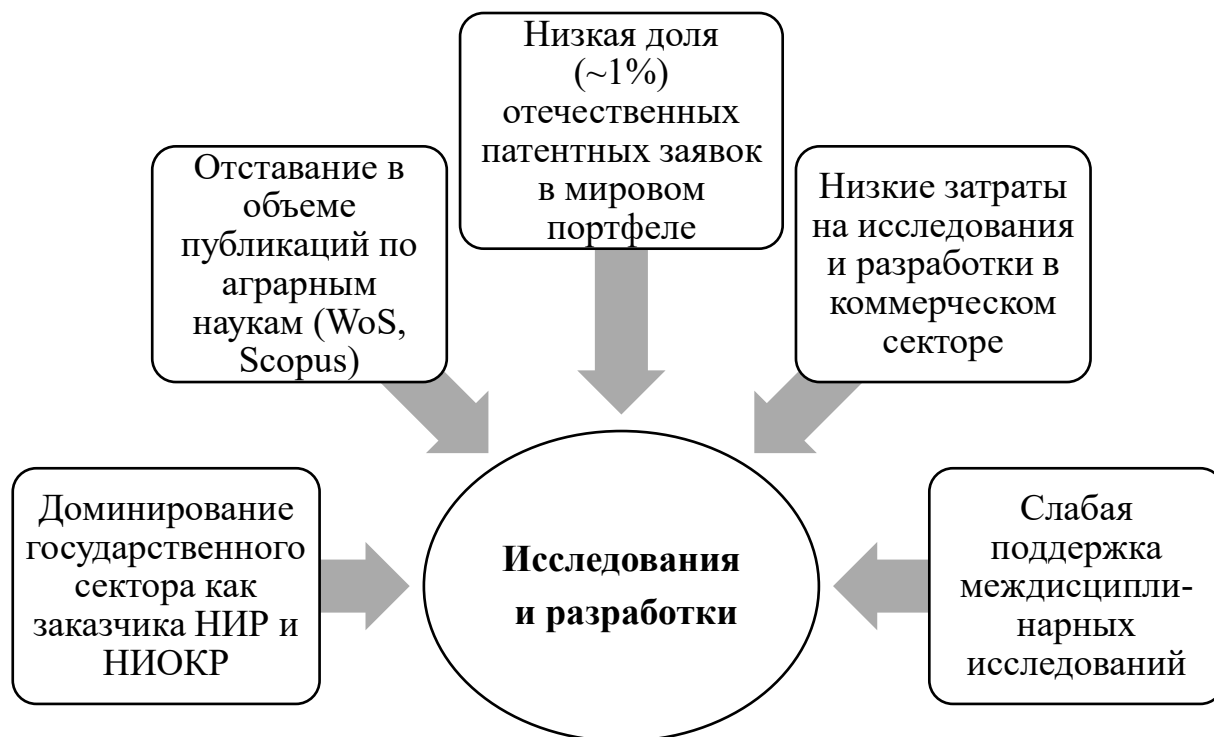


Рисунок 5.2 – Факторы, ограничивающие научные исследования и разработки в зерновом подкомплексе АПК

Источник: разработано автором на основе [72]

По развитию аграрной науки в коммерческом секторе Россия отстает от Нидерландов более чем в 50 раз и примерно в 10 раз от Турции и Польши. Исследования, проводимые в университетах и НИИ, часто сосредоточены на теоретических аспектах или фундаментальных научных вопросах, оторванных от насущных нужд сельскохозяйственной отрасли. Такая изоляция от реального сектора приводит к тому, что разработанные технологии и решения не находят широкого применения на практике и не соответствуют актуальным вызовам зернового производства, что снижает эффективность инвестиций и ослабляет темпы внедрения инноваций в зерновом хозяйстве.

Доминирование государства как заказчика научных исследований и разработок ограничивает гибкость и креативность исследователей, вынужденных

работать в условиях строгого регламента и формальных требований, что сужает возможности для экспериментирования и поиска новых, нестандартных решений. В результате большинство НИР и НИОКР направлены на поддержку уже существующих технологий и научных направлений, тогда как прорывные инновации остаются на периферии. Такое положение существенно сдерживает развитие отечественной аграрной науки, делая её зависимой от существующих моделей и технологий, в то время как мировая наука всё больше сосредоточивается на создании прорывных технологий, способных коренным образом изменить подходы к сельскому хозяйству. В условиях жёсткой глобальной конкуренции российская аграрная наука рискует остаться в позиции догоняющей, если не будет развита система финансирования, стимулирующая более смелые и перспективные исследования.

Сегодня наблюдается низкий вклад публикаций отечественных ученых в общемировой объем индексируемых международными базами данных работ, что также косвенно свидетельствует об отсутствии динамики аграрной науки в России и отражает недостаточное присутствие и влияние российских исследований на мировой аграрной научной арене. Одновременно с недостаточной публикационной активностью отмечается низкая доля отечественных патентных заявок в мировом показателе. Как следствие, научные разработки и инновации, создаваемые в России, часто не получают должного признания и защиты на мировом рынке. Основная часть правообладателей в российском сегменте интеллектуальной собственности, связанной с патентами и авторскими правами, принадлежит государственным научным учреждениям, патентные портфели которых имеют высокую долю недействующих, что указывает на недостаточный интерес бизнеса и ограниченную коммерциализацию разработок, созданных научными организациями. С этой точки зрения решение проблемы снова упирается в кадровое обеспечение российской аграрной науки. Большинство современных российских ученых имеют более низкую квалификацию по сравнению со своими коллегами даже 30-летней давности. Сегодня научные работники, особенно осуществляющие преподавательскую деятельность,

поставлены в условия 900-часовой педагогической нагрузки, в основном аудиторной, сопровождающейся непрерывным процессом составления планов, отчетов, тестов, декомпозиции индикаторов компетенций образовательных программ, выполнения показателей эффективных контрактов и т. п., что, конечно, ставит под сомнение результативность их научной деятельности. Отсюда и низкая мотивация кадров к научной работе. В результате ученые, чьи таланты и потенциал могут привести к инновационным разработкам, часто вынуждены искать возможности в частных структурах, иногда зарубежных, где более привлекательны условия труда и есть перспективы карьерного роста.

Все отчетливее проявляются недостатки отечественной системы науки и образования при проведении междисциплинарных исследований, которые интегрируют различные области знаний. А ведь именно на стыке наук сегодня создаются те инновационные решения, которые способны революционизировать всю аграрную сферу. Система, сложившаяся в России, в значительной степени ориентирована на мононаучные подходы, когда исследования сосредоточены в рамках одной дисциплины. Данная ситуация проявляется как в структуре научных журналов, которые преимущественно публикуют материалы по узкоспециализированным тематикам, так и в номенклатуре научных специальностей, которая ограничивает возможности ученых в развитии междисциплинарных проектов. Ученые, работающие на стыке наук, сталкиваются с недостаточной поддержкой и признанием в академической среде, поскольку их исследования не всегда соответствуют установленным стандартам отдельного научного направления. Единственным местом, где можно беспрепятственно презентовать результаты на стыке наук, остаются научные конференции, которые предоставляют более гибкие возможности для обмена идеями и публикации. Однако этого недостаточно для полноценного развития междисциплинарных проектов, так как отсутствие возможности публикаций в рейтинговых журналах и защит диссертаций негативно сказывается на академической репутации исследователей и их карьерном росте. Возникает проблема отсутствия платформ для обмена результатами междисциплинарных исследований и их оценки. В

результате научные работники должны адаптировать научные выводы и разработанные методологические подходы к стандартам, установленным для конкретной дисциплины, что существенно снижает качество и полноту представленных результатов.

Усложняет ситуацию регуляторная нагрузка, создающая дополнительные риски и барьеры для установления партнерских отношений между бизнесом и наукой. Например, бюджетные учреждения могут вносить в уставный капитал малых инновационных предприятий только возможность использования результатов интеллектуальной деятельности, лишая их права передачи РИД третьим лицам. В результате интерес потенциальных инвесторов снижается, замедляя процесс внедрения инноваций на рынок, поскольку компании часто не готовы вкладывать значительные средства в развитие технологий, права на которые остаются за сторонней организацией и в любой момент могут быть переданы кому-либо еще [82].

Серьезные препятствия для привлечения венчурных инвестиций создает правило о неснижаемой доле бюджетных учреждений в хозяйственных обществах, создаваемых при вузах, согласно которому последние должны владеть не менее 25 % акций в акционерном обществе. Венчурные фонды и частные инвесторы, как правило, стремятся получить контроль над стратегическими решениями в компании и иметь гибкость в изменении структуры капитала в зависимости от развития проекта. Наличие фиксированной доли государства ограничивает эти возможности.

В некоторых случаях аграрные университеты, подведомственные Министерству сельского хозяйства РФ, не могут в полной мере использовать инструменты поддержки научно-исследовательской деятельности, предусмотренные Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Например, научно-образовательный центр при вузе – это эффективный инструмент для реализации научно-технологического потенциала учебных заведений и осуществления прорывных исследований преимущественно фундаментального и поискового характера, на создание которых постоянно

выделяется финансирование (только в 2023 г. на поддержку уже созданных центров выделено 1,8 млрд руб.). Однако аграрные вузы не могут использовать механизмы НОЦ, так как это не предусмотрено бюджетом Минсельхоза.

Отметим, что одна из ключевых возможностей для повышения эффективности процесса создания стоимости продукции зернового производства и всей аграрной отрасли сегодня заключается в обеспечении перехода от традиционных производственных (линейных) бизнес-моделей к платформенным экосистемам, представляющим собой концепцию, связанную с переходом к экономике совместного потребления и использования ресурсов через цифровые платформы и сетевые технологии. Цифровые платформы – это, по сути, новые институты, поскольку они создают правила, инфраструктуру и механизмы взаимодействия между участниками, тем самым формируя уникальные экосистемы [128]. Именно в сфере шеринговых платформ и агрегаторов наблюдается трансформация, которая сопровождается экономическим эффектом, достигающим значений более 30 %. Она приносит радикальные изменения в традиционные модели бизнеса и способы организации производства и потребления, значительно снижая транзакционные издержки, связанные с поиском партнеров, заключением контрактов, согласованием условий сделок и прочими аспектами, которые ранее требовали значительных усилий и затрат. Механизмы уберизации, заложенные в платформенные бизнес-модели, играют важную роль в устранении «сил трения», препятствующих эффективной работе рынков, трансформируя цепочку создания стоимости несколькими ключевыми способами.

Во-первых, платформы устраняют посредников, позволяя участникам рынка взаимодействовать напрямую, снижая затраты на посредничество и уменьшая время, необходимое для заключения сделок.

Во-вторых, цифровые платформы, основанные на принципах уберизации, предоставляют доступ к ресурсам, технологиям и услугам, которые ранее были недоступны или требовали значительных инвестиций, давая возможность мелким

и средним товаропроизводителям использовать передовые инструменты и технологии.

В-третьих, платформы создают более прозрачные рынки, где участники могут легко сравнивать предложения, условия и цены, что способствует здоровой конкуренции внутри отрасли, улучшает условия для потребителей и стимулирует производителей к повышению качества продукции.

В-четвертых, цифровые платформы автоматизируют бизнес-процессы, такие как управление запасами, логистика и планирование производства, повышая общую эффективность производственной деятельности.

В-пятых, платформы обеспечивают бизнесу новые источники создания стоимости, например, через продажу данных, которые ранее могли быть недоступны или недооценены.

Все сказанное в полной мере относится и к отрасли зернового производства, где разработка и внедрение платформенных решений и механизмов является одним из императивов активизации инновационных решений и имеет огромный потенциал для повышения эффективности и устойчивости цепочки создания стоимости зерна. Одно из главных преимуществ платформенных решений для зернового сектора заключается в возможности интегрировать различные технологии, данные, сервисы и другие информационные продукты в единой цифровой экосистеме. Такая коллективизация создает мощную и гибкую основу для управления бизнес-процессами зернового производства, поскольку объединенные в единую сеть участники одновременно получают доступ к информационным ресурсам, которые ранее были разрознены и не унифицированы. Происходит переход от традиционной экономики владения к экономике доступа. Индивидуальному и мелкому товаропроизводителю открывается доступ к цифровым инструментам, системам мониторинга посевов, обмену знаний с экспертами консультационной службы и другими участниками отрасли через цифровые платформы.

И наконец, использование платформенной модели обеспечивает наличие сетевых эффектов, когда рост и развитие одной бизнес-единицы приводит к

усилению привлекательности платформы для других участников, благоприятно влияя на всю экосистему.

Все перечисленное позволяет определить и систематизировать приоритетные направления повышения эффективности создания стоимости продукции зернового хозяйства.

1. Становление новой, интеллектуальной фазы мониторинга бизнес-процессов. Для достижения этой цели в работе выработан комплексный подход к системе организации процесса наблюдения и контроля за состоянием объекта в зерновом секторе АПК, включающий: систему базисных предпосылок интеллектуализации бизнес-процессов; подход к разработке цикличной модели интеллектуального управления производством зерна с выделением в его составе психолого-поведенческого типа инноваций; многоуровневую архитектуру взаимодействия участников отношений, возникающих в процессе подготовки данных для цифрового мониторинга; совершенствование системы консультирования зернового хозяйства за счет использования в работе служб технологий генеративного ИИ; прикладные ИИ-решения для контроля фитосанитарного состояния зернового поля; модель доступа к результатам моделирования.

2. Развитие кадрового потенциала отрасли. Достигается через: формирование положительного образа сельскохозяйственных специальностей; организацию программ стажировок и практик для обучающихся на площадках инновационных агропредприятий; разработку образовательных программ, адаптивных к технологическим изменениям, направленных на сокращение разрыва между компетенциями выпускников и квалификационными критериями бизнеса; создание технопарков и инновационных центров при вузах; систематическое оценивание цифровых компетенций сельскохозяйственных производителей для выявления пробелов в знаниях, умениях и навыков и организация на их основе индивидуальных программ цифровой переподготовки, направленных на повышение квалификации работников отрасли, уверенное владение цифровым инструментарием.

3. Активизация научно-технического развития аграрной отрасли. Осуществляется через: увеличение доли инновационных затрат на исследования и разработки; стимулирование роста частных инвестиций в научно-технические проекты за счет поддержки и развития механизмов государственно-частного партнерства; разработку новых критериев оценки научных проектов, учитывающих не только академические достижения, но и их практическое применение в сельском хозяйстве; увеличение доли и веса научных показателей в системе эффективности образовательных учреждений, введение системы материального поощрения работников высшей школы за значимые научные достижения, публикации в высокорейтинговых журналах, успешное завершение крупных исследований (диссертаций и проектов научных конкурсов); внедрение гибкой системы распределения академической нагрузки, при которой преподаватели вузов, активно вовлеченные в научную деятельность, будут иметь возможность проводить меньше часов в учебных аудиториях, сосредоточив свои усилия на научных проектах; повышение значимости и создание условий для проведения междисциплинарных исследований.

4. Разработка эффективной системы трансфера цифровых технологий из науки в бизнес. Данное направление предусматривает в первую очередь: смягчение институциональных барьеров за счет снижения доли бюджетных учреждений в малых инновационных предприятиях; совершенствование процедуры коммерциализации разработок за счет упрощения бюрократических процедур и ускорения процесса получения патентов, лицензий и других прав на интеллектуальную собственность; использование в учреждениях, подведомственных Минсельхозу, инструментов поддержки научно-исследовательской деятельности, предусмотренных Министерством науки и высшего образования РФ; рассмотрение возможности для бюджетных учреждений предоставлять исключительные права на использование результатов интеллектуальной деятельности хозяйственным обществам создаваемых при учреждениях.

5. Переход от традиционных бизнес-моделей к платформенным экосистемам. Направлен на совершенствование цепочек создания стоимости за счет повышения эффективности взаимодействия участников рынка и устранения посредников в процессе создания стоимости, сетевых эффектов, а также доступа к новым технологиям, инструментам и источникам дохода.

5.2 Организация цифровой экосистемы зернового производства

Современное общественное производство все более ориентировано на комплексное решение проблемы цифровизации бизнес-процессов в виде платформенной архитектуры. На российском рынке цифровые экосистемы активно образуются вокруг мощных банков, операторов мобильной связи, ритейла, баз данных, крупных образовательных учреждений. Создана база развития цифровых платформ в сельском хозяйстве, включающая интеллектуальные интегрированные системы управления землепользованием (в том числе по направлениям: поле, сад, теплица, стадо, офис и пр.), сквозные технологии и формирование исследовательских компетенций. Эти тенденции набирают обороты, поскольку развитие технологии искусственного интеллекта ведет к развитию больших данных и увеличению числа алгоритмов, что неизбежно способствует формированию внешних цифровых экосистем. То есть, созданы объективные предпосылки для включения в методологию бизнес-процесса мониторинга базовой составляющей – цифровой экосистемы.

Для раскрытия сущности понятия экосистемы отметим, что проникновение данного термина (в контексте бизнеса и экономики) в современную науку началось с работ Дж. Мура [271], который исследовал экономические экосистемы, где фирмы, стартапы, инвесторы и другие участники взаимодействуют и сотрудничают в определенной отрасли или на определенном рынке, подобно тому, как организмы и виды взаимодействуют в природных экосистемах.

Используя экологические и биологические метафоры, Дж. Мур проиллюстрировал важность развития симбиотических отношений в современном бизнесе. Представив бизнес-организации как часть экосистемы, где сотрудничество и взаимодействие могут быть ключевыми факторами успешной адаптации и выживания, он показал, что компании могут извлекать взаимную пользу из сотрудничества не только с клиентами и поставщиками, но и с конкурентами, включая обмен ресурсами, знаниями, опытом или совместное решение общих задач, что способствует общему успеху в динамичной и конкурентной бизнес-среде. Базовую мысль, проходящую красной нитью через его работы, можно выразить двумя словами: смерть конкуренции.

Сегодня можно встретить множество определений, трактовок, адаптаций данного понятия в различных контекстах и для описания различных функций экономических систем. К числу первых экосистем, которые начали обсуждать в научной литературе, относятся предпринимательские, или бизнес-экосистемы. Под ними чаще всего понимается набор взаимосвязанных предпринимательских акторов, организаций, институтов и процессов, которые формально и неформально объединяются, опосредуют и регулируют производительность в рамках локальной предпринимательской среды [55, 250].

Дальнейшее распространение термина связано с растущей значимостью инноваций в современном мире. Инновационные экосистемы представляют собой специфические типы экосистем, ориентированные на стимулирование и поддержку инноваций и технологического развития. В таких экосистемах компании, стартапы, академические исследовательские учреждения, государственные органы и другие участники сотрудничают с целью создания и внедрения новых технологий, продуктов и развиваются в таких областях, как информационные технологии, биотехнологии, зеленая энергетика, искусственный интеллект и др. [4, 78, 104, 290].

По мере роста популярности экосистемного подхода, в качестве объектов его применения стали выступать формы развития кластеров [15,1], в том числе профессионально-образовательных [213], проекты государственно-частного

партнерства [146], рынки недвижимости [116], управление человеческими ресурсами [113], транспортно-логистическое обслуживание [54] и т. д.

Таким образом, развитие цифровых экосистем как новых институтов логично привело к расширению взглядов на их роль и потенциал. Следующим естественным шагом в развитии данной концепции стало использование экосистемного подхода к цифровой трансформации отраслей и комплексов, и в частности АПК [17, 93, 109, 142, 193], что обусловило необходимость уточнения понятия «цифровая экосистема» в различных контекстах. В широком смысле под ней понимается «самоорганизующаяся, масштабируемая и устойчивая система, состоящая из разнородных цифровых единиц и их взаимодействий, тем самым увеличивающая общую пользу и открывающая возможности по обмену информацией, внутренней кооперации и инновациям» [212]. В узком смысле цифровая экосистема есть совокупность взаимосвязанных и взаимодополняющих микросервисов и приложений, объединенных в один глобальный сервис или продукт и создающих для пользователей удобное окружение и возможность удовлетворять различные потребности через единую систему, обычно на основе подписки или членства в сообществе [153].

Результаты ранжирования признаков цифровых экосистем (рисунок 5.3) показывают, что единая точка входа, мультиотраслевой тип услуги и бесшовный интеграционный процесс – наиболее значимые характеристики отечественных экосистем. Единая точка входа обеспечивает централизованный доступ ко всем сервисам экосистемы, мультиотраслевой тип услуги в контексте зернового хозяйства предполагает включение в экосистему решения из смежных отраслей (производство сельхозтехники, агрохимическая промышленность и т. д.). Бесшовный интеграционный процесс, в свою очередь, гарантирует плавное взаимодействие между всеми сервисами и модулями, при котором не ощущаются переходы или разрывы между ними.



Рисунок 5.3 – Ранжирование признаков цифровой экосистемы

Источник: разработано автором на основе [138]

Если рассмотреть наиболее выдающихся представителей отечественных («Яндекс», «МТС», «Сбер», «РСХБ», «OZON») и зарубежных («Amazon», «Alibaba», «Microsoft», «Siemens») компаний, реализующих огромные по масштабам цифровые экосистемы, предоставляющих широкий спектр услуг и функций десяткам миллионов экосистемных подписчиков, становится понятно, что базовым условием успешного функционирования цифровой экосистемы выступает цифровая платформа. Именно платформа служит основой для интеграции продуктов и услуг, предоставляемых в рамках экосистемы, и обеспечивает их взаимодействие, создавая ценность как для себя (компания – владельца платформы), так и для клиентов.

Эффективность платформенных решений определяют следующие факторы [109, 138]:

– снижение транзакционных издержек через устранение непроизводительных звеньев (посредники, иерархические связи) по всей цепочке добавленной стоимости;

– реализация равновесных альтернатив независимых участников рынка за счет возможности установить эффективные правила выполнения бизнес-функций (каждый может выставлять свои товары на платформе и конкурировать на равных условиях);

– наличие прямых (когда участники ценят предложение больше по мере роста числа других участников на их стороне рынка) и косвенных (когда ценность экосистемы для участников на одной стороне рынка увеличивается с ростом числа участников на другой стороне) сетевых эффектов по мере перехода от фазы запуска платформы к фазе роста (точка сетевизации); при достижении фазы зрелости платформы поддержание конкурентоспособности осуществляется за счет присоединения новых подплатформ и цифровых сервисов.

На сегодняшний день в мире существует несколько успешных примеров цифровых платформ транзакционного типа в сфере АПК (таблица 5.1), предоставляющих широкий спектр услуг и решений и зарекомендовавших себя как надежные инструменты увеличения добавочной стоимости продукции.

Таблица 5.1 – Цифровые платформы транзакционного типа в сфере АПК

Наименование платформы	Страна происхождения	Описание
Agribile	США	Обеспечивает процесс электронных транзакций, между производителями и потребителями сельскохозяйственной продукции в сети Ariba Network. Предлагает сервисы агрономических прогнозов на основе данных с полей фермеров
Agriconomie	Франция	Предлагает широкий спектр продуктов и услуг, объединяя продавцов и покупателей сельскохозяйственного оборудования, семян, удобрений, средств защиты растений и др.
Agriaffaires	Франция	Продажа и покупка новой и бывшей в употреблении сельскохозяйственной техники, оборудования и запчастей для сельского и лесного хозяйства
Agrofy	Аргентина	Платформа для размещения объявлений и электронной торговли сельскохозяйственной продукцией, оборудованием, а также предоставления услуг агроэкспертов

Продолжение таблицы 5.1

Наименование платформы	Страна происхождения	Описание
FarmLogs	США	Инструменты для мониторинга погоды, управления урожаем, а также учета затрат и доходов. Благодаря интеграции со спутниковыми снимками платформа анализирует посевы по всей территории, предупреждая аграриев о возникновении какой-либо проблемы и отправляя все данные на его аккаунт
FoodSharing	Германия	Объединяет компании, имеющие избыток продуктов питания (рестораны, гостиницы, буфеты, столовые), и нуждающихся в них людей
Granular	США	Объединяет агрономов и фермеров, помогая последним в процессе принятия обоснованных управленческих решений. Сбор данных и реализация на их основе инструментов планирования сельскохозяйственных операций
HarvestPost	США	Предлагает фермерам и специалистам сельского хозяйства площадку для аренды активов и оборудования в соответствии с их сезонными потребностями
MAP	Китай	Соединяет фермеров с потребителями сельскохозяйственной продукции. С помощью бесплатного приложения MAP для мониторинга урожая фермеры также могут отслеживать состояние посевов
MyAgriGuru	Индия	Объединяет фермеров и агрономов, предоставляя им возможность обмениваться знаниями и опытом в цифровой среде. Содержит также сервис погоды, информацию о рынках и технологических решениях в АПК
WeFarmUp	Франция	Платформа соединяет фермеров, ищущих сельскохозяйственную технику и оборудование, с собственниками этой техники, которые готовы ее сдать в аренду. Цель платформы – обеспечить доступ к сельскохозяйственной технике и содействие более эффективному использованию ресурсов в сельском хозяйстве

Источник: составлено автором

Отметим, что Минсельхоз России видит своей целью преобразование сельского хозяйства посредством масштабного внедрения цифровых технологий в виде комплексных платформенных решений [10]. На создание отечественной национальной платформы для АПК направлен ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», в рамках которого предусмотрен комплекс мероприятий по

внедрению цифровых технологий и платформенных решений в АПК, включая саму платформу «ЦСХ» (рисунок 5.3), модуля «Агрорешения», отраслевой электронной образовательной среды «Земля знаний», под эгидой которой проходят сегодня подготовку специалисты сельскохозяйственных организаций с целью формирования у них цифровых навыков.



Рисунок 5.3 – Структуризация национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство»

Источник: составлено автором на основе [34]

Приведем ключевые движущие силы для разработки и реализации отечественной цифровой платформы для сельского хозяйства.

1. *Укрупнение агропредприятий.* С ростом размеров агропредприятий и их объединением в крупные хозяйственные структуры возрастает потребность в эффективных инструментах управления и мониторинга производственных процессов.

2. *Необходимость повышения эффективности исследований и разработок.* Инновационные исследования в аграрной науке требуют

значительных инвестиций и современных технологий, доступ к которым через цифровые платформы ускоряет разработку новых решений и снижает расходы на исследования.

3. *Межсекторная диффузия.* Расширение рынков сбыта, беспрепятственный доступ к инвестициям и кредитам в финансовом секторе, снижение рисков аграрной деятельности через взаимодействие со страховыми компаниями, а также технологический обмен становятся реальными благодаря взаимодействию на цифровых платформах, выступающих мостом между сельским хозяйством и другими отраслями экономики.

4. *Информационная асимметрия.* Ситуация, когда одна из сторон на рынке обладает большей информацией или более полными данными по сравнению с другой стороной, приводит к появлению неравновесных профилей стратегий, смещая баланс стратегического взаимодействия агентов. Цифровые платформы способны снизить и даже нивелировать данный эффект, уравнивая информационное поле.

5. *Трансформация человеческого труда.* Цифровизация, меняющая характер трудовой деятельности, создает потребность в новых формах взаимодействия и координации между участниками рынка.

6. *Повышение устойчивости аграрного производства.* Присущая платформам гибкость в условиях санкционного давления становится дополнительным фактором для сдерживания турбулентности экономики.

7. *Импортозамещение.* Платформы в сочетании с частной логистически-закупочной деятельностью становятся ключевым инструментом насыщения российского рынка товарами [138].

По мнению А. И. Алтухова и др., «учитывая очевидный прогресс в процессах интеграции цифровых решений, степень реализуемости проекта «Цифровое сельское хозяйство» следует считать весьма высокой» [10]. На наш взгляд, именно платформа «ЦСХ» может выступить основой, на которой должна быть выстроена будущая экосистема зернового производства, под которой будем понимать функционирование на единой цифровой платформе участников,

интеллектуальных решений, цифровых сервисов и маркетплейсов в рамках процесса производства зерна по всей цепочке создания стоимости, приводящее к снижению транзакционных издержек и формированию добавленной стоимости для пользователей.

Как образец первой успешной экосистемы платформенного типа аграрного профиля, уже действующей в отечественной практике, можно упомянуть систему «Свое фермерство», разработанную Россельхозбанком и представляющую собой единое цифровое пространство, главная цель организации которого – предоставление всесторонней поддержки для микро-, мелких и средних фермерских хозяйств в России. Экосистема состоит из маркетплейса «Свое родное» – канала сбыта фермерской продукции; аграрного B2B маркетплейса для производителей и поставщиков товаров сельскохозяйственного назначения, включая семена, удобрения, сельхозтехнику и др.; многочисленных сервисов разной направленности, начиная с онлайн-бухгалтерии, юридической помощи, взаимодействия с государственными органами власти и заканчивая агросервисами; площадки для поиска и покупки жилья («Свое жилье», «Свое село»). На сегодняшний день экосистема объединила на своей платформе более 50 000 зарегистрированных фермерских хозяйств, на маркетплейсе представлено более 2,5 млн товаров для сельского хозяйства от 13 000 поставщиков по всей России, а число пользователей и потенциальных покупателей сельхозтоваров превысило 4 млн.

С учетом специфики производства зерна автором разработана принципиальная схема экосистемы (рисунок 5.4), включающая четыре основных блока: участники, маркетплейс, интеллектуальные решения, цифровые сервисы.

В экосистему вошли следующие классы участников:

– государство в лице федеральных и региональных органов власти, выполняющих в экосистеме регулирующую функцию (информационное, гражданское, административное, налоговое, о защите конкуренции и др.) и осуществляющих меры государственной поддержки (финансовые, инфраструктурные, информационные и пр.);

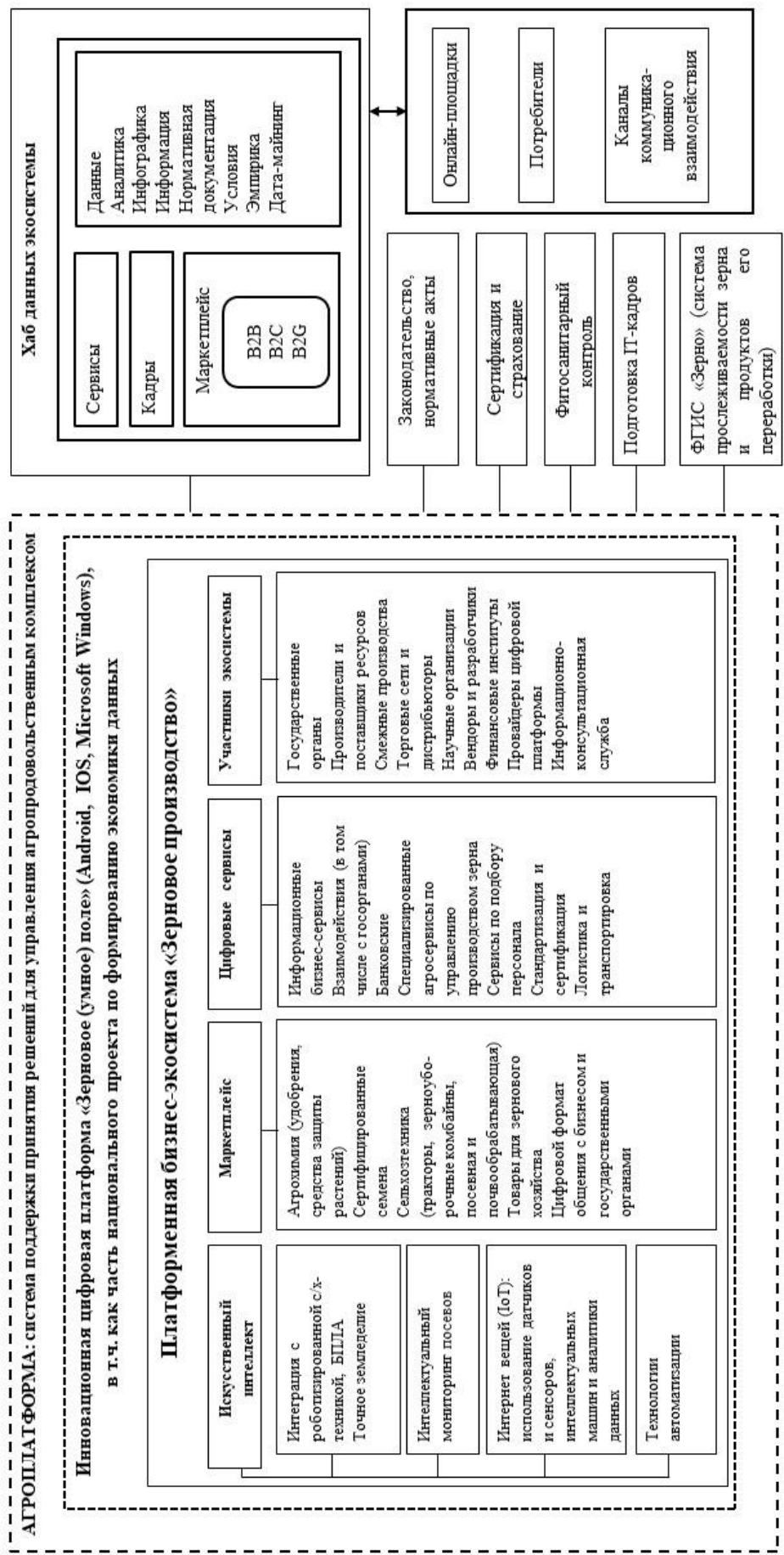


Рисунок 5.4 – Концепция экосистемы зернового производства

Источник: разработано автором

- отраслевой бизнес, в том числе агропредприятия – первичные производители зерна, играющие центральную роль в цепочке производства;
- информационно-консультационная служба, включая специалистов зернового производства (агрономы, фитопатологи, агрохимики, почвоведы), предоставляющие аграрным производителям экспертные знания и консультации по управлению посевами, использованию удобрений, борьбе с вредителями и болезнями и др.;
- вендоры – отечественные компании, специализирующиеся на разработке и предоставлении высокотехнологичных информационно-технологических ИТ-решений, ориентированных на зерновой комплекс;
- научные организации, выполняющие исследования, направленные на повышение производительности и устойчивости зернового производства, включая создание новых сортов и гибридов, методы борьбы с вредителями и болезнями, улучшенные способы ухода за посевами;
- финансовые учреждения, предоставляющие широкий спектр финансовых услуг и продуктов, включая банки, кредитные организации, инвестиционные фонды, страховые компании и другие финансовые институты.

Коллективное участие и сотрудничество стейкхолдеров экосистемы на основе цифровой платформы, обмен информацией и знаниями между ними, консультационная и финансовая поддержка, шеренговое распределение ресурсов способствуют оптимизации рабочих процессов, снижению издержек и росту производительности труда.

Вторая компонента экосистемы – это маркетплейс, виртуальная площадка, на которой участники экосистемы совершают сделки. Торговля на маркетплейсах имеет ряд преимуществ перед офлайн-ритейлом. В отличие от традиционного ритейла, где магазин становится собственником товара и может диктовать условия поставщику, маркетплейс не обладает правом собственности на продукцию, что дает возможность продавцу сохранять контроль над своей продукцией и избежать конкуренции за место на полке.

В 2023 г. российский рынок электронной торговли показал существенный рост в 36 %, в три раза опередив США и Южную Корею с темпами роста 11 %. Суммарный торговый оборот крупнейших маркетплейсов и агрегаторов превысил 4,89 трлн руб. (92 % от общего оборота обеспечили четыре ведущих игрока рынка: Ozon, Wildberries, «ЯндексМаркет» и «Мегамаркет»), а число заказов на российских маркетплейсах выросло за год на 82 % – до 5,1 млрд ед. При этом сразу два российских маркетплейса – Ozon и Wildberries – впервые вошли в топ-10 крупнейших мировых площадок по числу активных сессий (343 и 316 млн соответственно), на первом месте находился Amazon (4,7 млрд заходов в месяц). Таким образом, благодаря своему удобству, широкому ассортименту и конкурентным ценам такая форма взаимодействия контрагентов, как маркетплейс, в России практически достигла фазы зрелости, закрепив за собой ведущую роль в электронной торговле и став неотъемлемой составляющей цифровых экосистем.

В контексте экосистемы зернового производства на маркетплейс возложено несколько функций (рисунок 5.5). Благодаря возможности быстро и удобно размещать заказы участники экосистемы экономят время и усилия при поиске и закупке необходимых товаров и услуг. Электронные платежи обеспечивают безопасное и надежное совершение транзакций, снижая риски, связанные с наличными платежами.



Рисунок 5.5 – Структура и функции маркетплейса экосистемы зернового производства

Источник: разработано автором

Стандартизированные контракты и правила сделок создают стабильные условия для бизнеса и обеспечивают соблюдение нормативных требований. Мониторинг статуса заказов и отслеживание поставок позволяют участникам всегда иметь представление о текущем состоянии сделок, а средства связи и системы оценок способствуют улучшению коммуникации и установлению доверия между продавцами и покупателями. Защита данных и конфиденциальность обеспечивают безопасность участников, а возможность вести учет и анализ сделок – удобство контроля расходов бюджета.

Третий блок экосистемы – интеллектуальные решения. Сюда, как было показано ранее, относятся: интеллектуальный мониторинг посевов, технологии точного земледелия, роботизированная сельскохозяйственная техника и беспилотные аппараты, массовое использование систем IoT, технологии автоматизации и т.д. Перечисленные направления использования ИИ не являются взаимоисключающими, они, наоборот, дополняют друг друга. Так, искусственный интеллект и интернет вещей совместно создают интеллектуальные связанные системы, в которых ИИ играет роль «мозга», а интернет вещей выполняет функцию «тела». IoT-устройства собирают информацию с различных источников и передают ее для анализа ИИ. После обработки и структурирования данных ИИ помогает определить, какие конкретные действия должны быть предприняты на основе этой информации.

Другой пример успешного взаимодействия с ИИ представляют беспилотные летательные аппараты. Полученные от БПЛА данные передаются в облачное хранилище, где подвергаются анализу и обработке с помощью ИИ. На основе анализа создаются цифровые модели полей, отслеживается состояние посевов, контролируется ход работ на полях, прогнозируется урожайность сельскохозяйственных культур.

Таким образом, ИИ-системы на основе данных, собираемых в ручном и автоматическом режимах из различных источников, предоставляют производителям зерна информацию о состоянии сельхозугодий в режиме реального времени. Такой интеллектуальный мониторинг заменяет человеческий

рутинный труд, управление бизнес-процессами становится прозрачнее, принятие решений – своевременнее, аналитические выводы – точнее.

Отдельное место в экосистеме зернового производства занимает хаб данных – центральное хранилище, где собираются, интегрируются, анализируются и распространяются данные, связанные с производством зерна. Хаб, будучи ключевой составляющей цифровой инфраструктуры экосистемы, выполняет следующие функции:

1) сбор и подготовку данных из различных источников, в том числе из локальных и региональных баз данных; подготовка данных включает их очистку, нормализацию и структурирование для последующего использования;

2) интеграцию данных из различных источников, полученных от агропредприятий, поставщиков ресурсов, научных исследований и других участников экосистемы, что обеспечивает формирование единого информационного пространства и комплексный подход к анализу и управлению;

3) анализ данных с широким использованием как визуальных средств (инфографика, дашборды), так и инструментов аналитики (алгоритмы машинного обучения, статистические методы, стек технологий больших данных);

4) обмен данными между пользователями экосистемы, способствующий координации действий, улучшению взаимодействия между участниками и интеграции информации в рабочие процессы;

5) защиту от несанкционированного доступа, обеспечение конфиденциальности, защиту от утечек и обеспечение целостности информации.

Важным аспектом функционирования экосистемы является связность ее элементов не только друг с другом, внутри системы, но и с внешним миром. Взаимодействие с другими отраслями экономики, финансовыми институтами и доступ к мировым рынкам товаров для сельского хозяйства предоставляют экосистеме важные преимущества. Во-первых, участники своевременно реагируют на изменения в экономической среде, включая мировые колебания цен на ресурсы и изменения в потребительских предпочтениях. Во-вторых, взаимодействие с глобальными финансовыми институтами открывает новые

финансовые возможности (кредиты, инвестиции, гранты, страховые продукты). В-третьих, доступ к мировым рынкам расширяет рыночные возможности для экспорта сельскохозяйственной продукции. В-четвертых, интеграция с зарубежными партнерами позволяет экосистеме соответствовать мировым требованиям и тенденциям, способствуя повышению конкурентоспособности и устойчивости на глобальной арене.

Четвёртый блок экосистемы – цифровые сервисы, основная цель которых состоит в поддержке принятия управленческих решений в агробизнесе. К цифровым сервисам экосистемы относятся:

- *информационные*, помогающие сельскохозяйственному производителю быть в курсе важной информации для планирования и ведения хозяйства, включая информацию: о погоде; фитопатологических угрозах, связанных с распространением болезней растений и вредителей; последних достижениях аграрной науки и технологиях, включая новые методы обработки почвы, удобрения, биопрепараты, оборудование; о событиях, включая тематические ярмарки, конференции, выставки; инновационных проектах и стартапах в области производства зерна и др.;

- *по взаимодействию*, обеспечивающих комплексную автоматизацию процессов взаимодействия с информационными системами государственных органов и иных организаций, с соблюдением регуляторных требований и полноценной поддержкой технических спецификаций;

- *банковские сервисы*, предоставляющие актуальные и выгодные предложения по банковским продуктам, кредитам и услугам для агробизнеса;

- *бизнес-сервисы*, направленные на поддержку и автоматизацию управленческих процессов, включая административные задачи, онлайн-бухгалтерию, юридические консультации, конструкторы документов и другие инструменты для управления бизнесом;

- *агросервисы*, предлагающие цифровые данные для автоматизации основных (производственных) бизнес-процессов, включая подбор семян и

планирование посевов, мониторинг сорной растительности, цифровой мониторинг почв, интеллектуальный фитосанитарный мониторинг и т.д.

Важно подчеркнуть, что экосистема – это не просто совокупность разрозненных, независимых компонентов, а слаженная система, в которой каждый элемент выполняет свою роль, внося вклад в общую цель – эффективное и устойчивое зерновое производство. Например, для оптимизации процесса выращивания зерна товаропроизводитель может использовать интеллектуальные агросервисы и рекомендации от специалистов зернового производства. Доступ к рынкам сбыта и финансовую помощь аграрии получают через бизнес-сервисы и маркетплейсы, встроенные в экосистему. В свою очередь исследовательские организации получают доступ к центральной базе данных о состоянии посевов и условиях, при которых были зафиксированы эти состояния, и могут их использовать в научной работе. Информация, передаваемая фермерами о фитосанитарном состоянии полей (как напрямую в рамках программ подготовки данных, так и косвенно через каналы коммуникационного взаимодействия с другими участниками – форумы, площадки, приложения), может потоково обрабатываться алгоритмами больших данных, а извлеченные из них знания оперативно передаваться Федеральной службе по ветеринарному и фитосанитарному надзору с целью оповещения и предотвращения стихийного развития болезней зерновых.

Несмотря на преимущества экосистемного подхода перед другими распространенными моделями управления (вертикально-интегрированная, иерархическая цепочка поставок, открытого рынка), экосистемы создают определенные риски и вызовы для государства и бизнеса, включая утечку коммерческой информации. 47 % сельскохозяйственных организаций выделяют их как блокирующие использование цифровых платформ. В их числе: риск злоупотребления доминирующим положением, когда главные игроки цифровых экосистем наращивают свое влияние и могут использовать рыночную власть для ограничения конкуренции, манипуляции потребителями и создания неблагоприятных условий для других бизнесов через контроль цепочек поставок,

создание искусственной асимметрии информации и др.; риск зависимости бизнеса от экосистемы и платформы, когда участник, присоединяясь к крупной цифровой экосистеме, становится уязвимыми к изменениям в правилах, политике или ценах этих платформ, что может ограничить их автономию и контроль над операциями и решениями; риск нарушения условий справедливой конкуренции и недополучения налогов государством, когда международные цифровые компании получают доходы в стране без уплаты соответствующих налогов, что создает неравные условия для отечественных компаний и ущемляет финансовые интересы государства; потребительские риски, включая навязывание товаров и услуг, недостаток ответственности платформ за конечные продукты и услуги, ущемление прав потребителей и др.

В связи с этим одной из основных задач для государства является нахождение баланса между эффективным стимулированием и поддержкой развития национальных цифровых экосистем и их регулированием, который может быть достигнут за счет целенаправленного определения единых правил игры для всех участников рынка, что позволит обеспечить справедливую конкуренцию и избежать дискриминации со стороны крупных игроков в отношении малого и среднего бизнеса. Создание таких правил требует учета разнообразия интересов и потребностей участников экосистемы, включая потребителей, производителей, поставщиков услуг и разработчиков технологий, а также совершенствования норм информационного, гражданского, налогового и административного права.

На наш взгляд, предложенная концепция экосистемы определяет инфраструктурный базис для организации цифрового мониторинга производства зерна в новых технико-технологических условиях хозяйствования, способствующего эффективной реализации цикличной *data*-ориентированной модели управления бизнес-процессами производства зерна, и отвечает требованиям для практической реализации методологии мониторинга, по ряду причин.

Во-первых, многоуровневая архитектура взаимодействия участников мониторинговых отношений, заложенная в методологии, становится возможной благодаря экосистеме, которая объединяет участников мониторинговых отношений на оперативном, тактическом и стратегическом уровнях их функционирования.

Во-вторых, разработанные в диссертации прикладные решения для мониторинга и модель доступа вписываются в работу интеллектуальных агросервисов экосистемы.

В-третьих, национальная база данных находит выражение в хабе экосистемы, агрегирующем локальные и региональные информационные базы мониторинга и формирующем единое окно доступа к ним.

В-четвертых, информационно-консультационная служба, усиленная возможностями генеративного ИИ может быть интегрирована с одним из информационных сервисов, входящих в экосистему.

В-пятых, связывая участников производственных отношений в едином цифровом пространстве, экосистема нивелирует институциональный барьер цифровизации, убирая посредников из цепочки создания стоимости, и выступает катализатором для ускоренного проникновения цифровых инноваций, в том числе интеллектуального мониторинга в зерновое хозяйство, способствуя его устойчивому развитию и росту конкурентоспособности на глобальном уровне.

В-шестых, экосистема обеспечивает гибкость и масштабируемость мониторинга, адаптируя систему цифрового наблюдения и контроля к новым задачам и требованиям, позволяя разработанному инструментарию эволюционировать вместе с развитием аграрного сектора, оставаясь актуальным и эффективным в долгосрочной перспективе.

Современная хозяйственная доктрина основным приоритетом признает курс на развитие сельскохозяйственного производства преимущественно за счет внутренних организационно-экономических, технико-технологических и инновационных ресурсов и технологий, ориентированных на отечественные сырьевые источники. Ориентация на цифровую экосистему зернового

производства предполагает неизбежную трансформацию всех аспектов деятельности агробизнеса. В связи с этим нами разработана концепция поэтапного плана аграрных зернопродуктовых предприятий на цифровую платформу (таблица 5.2)

Таблица 5.2 – Проектный план формирования условий перехода зерновых хозяйств на цифровую экосистему

Мероприятия	Действия	Сроки	Ожидаемый эффект
Создание цифровой инфраструктуры	Разработка и внедрение цифровых платформ и инструментов для управления бизнес-процессами зернового производства	2025–2026 гг.	Сокращение транзакционных издержек (автоматизация документооборота, время на взаимодействие с контрагентами)
Обучение и переподготовка кадров	Организация курсов и тренингов для сотрудников, направленных на повышение цифровой грамотности и навыков работы с новыми технологиями	с 2025 г. непрерывно	Рост производительности труда, минимизация ошибок при работе с цифровыми системами, повышение престижа аграрных профессий
Формирование нормативно-правовой базы	Адаптация существующего законодательства и разработка новых нормативных актов, регулирующих цифровую экосистему в АПК	2026–2029 гг.	Снижение рисков правовых споров и затрат на приведение цифровой деятельности в соответствие с законодательством
Модернизация технологического оборудования	Обновление технологического оснащения зерновых хозяйств, внедрение автоматизированных систем контроля и управления	2026–2030 гг.	Сокращение издержек за счет автоматизации процессов, улучшение качества продукции и увеличение урожайности
Развитие системы сельскохозяйственного консультирования	Интеграция ИКС с информационным сервисом платформы, внедрение технологий генеративного ИИ в работу службы	2027 г.	Повышение скорости и точности рекомендаций для товаропроизводителей, автоматизация части операций информационно-консультационной службы, сокращение расходов на привлечение внешних специалистов

Продолжение таблицы 5.2

Мероприятия	Действия	Сроки	Ожидаемый эффект
Создание электронной площадки для совершения сделок	Разработка и внедрение маркетплейса для цифровой экосистемы зернового производства	2027 г.	Сокращение затрат на сбыт, расширение рынков сбыта, снижение зависимости от посредников, прозрачность ценообразования
Создание системы обмена информацией	Разработка и внедрение системы обмена информацией между участниками цифровой экосистемы на разных уровнях производства	2027 г.	Упрощение обмена данными и координация между участниками экосистемы, доступ к актуальной производственной информации, сокращение затрат на коммуникации
Разработка центральной базы данных мониторинга	Формирование централизованной базы данных для хранения и обработки информации, интеграция с локальными и региональными базами, интеграция с хабом данных экосистемы	с 2028 г. непрерывно	Организация централизованного доступа к актуальным и точным данным для широкого круга пользователей
Разработка и внедрение интеллектуальных систем мониторинга	Внедрение ИИ-систем для мониторинга бизнес-процессов зернового производства Интеграция с агросервисами	2028–2030 гг.	Повышение точности и скорости мониторинговых операций, увеличение урожайности, автоматизация производственных бизнес-процессов, сокращение материальных затрат, повышение экономической эффективности зернового производства
Запуск пилотных цифровых проектов	Реализация пилотных программ по цифровизации в ведущих зерновых хозяйствах, оценка их эффективности и масштабируемости	2030 г.	Тотальная цифровизация и интеллектуализация бизнес-процессов производства зерна со всеми вышеперечисленными эффектами

Источник: разработано автором

Для бизнеса важно стратегически интегрировать цифровые платформы и перенастроить свою деятельность, чтобы воспользоваться преимуществами этих

технологий. Понимание и решение парадокса Солоу при внедрении цифровых платформ предполагает не только внедрение новых инструментов, но и переосмысление организационных процессов, повышение квалификации рабочей силы и развитие культуры инноваций. Эффективно используя возможности цифровых платформ, компании могут преодолеть отраслевые риски и проблемы производительности, выявленные парадоксом Солоу, обеспечив устойчивый рост бизнеса.

5.3 Сценарный прогноз экономической эффективности производства зерна на основе интеллектуального мониторинга биотических факторов

Совершенствование интегрированной системы мониторинга, встроенного в экосистему зернового производства, имеет прямое отношение к экономике производства. Эффективность интеллектуального мониторинга посевов проявляется в различных организационно-экономических образованиях по-разному. В связи с этим расчет экономической эффективности касался, во-первых, результативности хозяйственной деятельности отдельных предприятий сегмента фермерского бизнеса, во-вторых, региональной специфики сельскохозяйственного производства регионального уровня аграрного сектора экономики, в-третьих, национального уровня, где оценивался вклад цифрового мониторинга в повышение общей эффективности зерновой отрасли.

На индивидуальном уровне можно выделить два основных прямых экономических эффекта от внедрения и использования интеллектуального мониторинга в зернопроизводящих организациях и фермерских хозяйствах (индивидуальный уровень).

1. *Сокращение потерь урожая.* Применение ИИ-решений позволяет точно и на ранних фазах обнаруживать болезни растений, пока они не привели к серьезным последствиям (развитие вредоносного патогенов не превысило

экономические пороги вредоносности), а также строить прогнозы их течения и принимать своевременные меры по их контролю и лечению. В некоторых случаях это дает возможность существенно снизить потери урожая и является одной из основных экономических выгод от данной технологии. Общий подход к использованию ИИ в целях сокращения потерь урожая представлен на рисунке 5.6.



Рисунок 5.6 – Влияние интеллектуальных мониторинговых систем на снижение потерь урожая

Источник: разработано автором

Во время мониторинга ИИ-система обнаруживает аномалии в цвете и росте листьев на посевах зерновых, являющиеся признаками начальной стадии болезни, которую сложно идентифицировать и классифицировать человеку и сигнализирует о потенциальной проблеме. Другая модель анализирует данные о погоде, типе почвы, фазе вегетации, типе устойчивости сорта и т. д. и на основе полученной информации строит прогноз развития болезни, предоставляя производителю информацию о том, какое следует ожидать распространение и развитие болезни, а также какие сорта (гибриды) более уязвимы. Раннее обнаружение и своевременные меры по контролю и лечению болезни позволяют предпринимать меры по изоляции и лечению пораженных участков поля, предотвращая дальнейшее распространение патогена и, как следствие, потери

урожая и его качества, которые могли возникнуть, если болезнь не была идентифицирована или диагностирована в более поздние сроки.

2. *Экономия прямых материальных затрат.* Внедрение ИИ-решений в зерновое производство имеет потенциал для оптимизации использования материальных ресурсов, и в первую очередь средств защиты растений (далее – СЗР). Для достижения этой цели предлагаемые в параграфе 4.2 прикладные ИИ-решения сочетались с экспресс-диагностикой, выполняемой с использованием БПЛА. Поскольку при текущем уровне развития технологий выполнить точную диагностику патогена только на основе снимков, полученных с БПЛА, не представляется возможным, то для более детального анализа на основе качественных макроснимков на проблемных участках распознавание проводилось с помощью подготовленных ИИ-решений.

На рисунке 5.7 показан участок поля с посевами кукурузы полученный в результате авторского эксперимента на посевах кукурузы, учебного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО КубГАУ.



Рисунок 5.7 – Опытная оценка фитосанитарного состояния посевов с помощью БПЛА

Источник: получено в результате авторского эксперимента

На этом участке с помощью БПЛА были зафиксированы области с явно выраженными затемнениями, косвенно свидетельствующие о наличии болезней и вредителей. При подробном интеллектуальном анализе в контролируемых условиях был поставлен точный диагноз – гельминтоспориозная пятнистость листьев кукурузы, составлен прогноз развития болезни.

На основе таких диагностических процедур могут быть проведены локальные защитные мероприятия, направленные на лечение и предотвращение распространения болезни на здоровые участки поля, в результате которых можно добиться значительного сокращения объемов используемых агрохимических средств и снизить производственную себестоимость.

На индивидуальном уровне расчет экономической эффективности проводился для пяти экономических агентов с основным видом деятельности – выращивание зерновых культур, в различных экономических зонах Краснодарского края: черноморской, восточной, центральной, северной, краснодарской агломераций. Исходные данные для расчета эффективности представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Исходные данные для расчета экономической эффективности на микроуровне

Показатели	ООО Агрофирма «Победа»	АО «Знамя Октября»	АО «Колос»	ООО «Урожай XXI век»	АО «Право- бережный»
Посевная площадь зерновых культур, га	4634	7663	3714,5	5152	932,6
Валовой сбор, ц	299 619,0	385 609,0	196 459,0	275 271,0	46 701,00
Урожайность, ц/га	64,7	50,3	52,9	53,4	50,1
Производственная себестоимость, тыс. руб.	234 927	308 719	201 536	273 988	44 086
Производственная себестоимость 1 ц, руб.	784,1	800,6	1025,8	995,3	944
Реализовано продукции, ц	344 749	94 267,00	243 243,0	311 734,0	26 315,0
Полная себестоимость продаж, тыс. руб.	241 808	74 052	218 640	234 314	37 488
Себестоимость продаж 1 ц, руб.	701,4	785,6	898,8	751,6	1424,6
Выручка от продаж, тыс. руб.	449 836	104 876	313 280	397 890	40 759
Прибыль от продаж, тыс. руб.	208 028	30 824	94 640	163 576	3271
Цена реализации 1 ц, руб.	1304,8	1112,5	1287,9	1276,3	1549,9
Прибыль от реализации 1 ц, руб.	603,4	326,9	389,1	524,7	125,3
Валовая рентабельность, %	86,0	41,6	43,3	69,8	8,8

Источник: составлено автором по данным бухгалтерской отчетности

Анализ производственной себестоимости, представленный в таблице 5.4, показал, что внедрение и использование интеллектуального мониторинга способствует снижению себестоимости от 0,3 до 3,1 %. Основная статья затрат, где ИИ-системы показывают значительную экономию – средства защиты растений. Выбор значения 30 % для оценки снижения затрат на СЗР в расчетах основан на результатах научных исследований, демонстрирующих, что прецизионное земледелие с использованием ИИ позволяет сократить применение пестицидов на 25–50 % [249, 258].

Внедрение мониторинговых ИИ-систем также способствует оптимизации логистики обработки полей. Однако достигаемая экономия топлива составляет лишь 1–3 %, что объясняется особенностями пространственного распределения очагов заражения. Пораженные участки, как правило, распределены дискретно по всей площади поля, что требует от техники преодоления полной длины гона даже при селективной обработке. Самоходные опрыскиватели, оснащенные системами автоматического отключения форсунок, действительно минимизируют расход рабочего раствора, но не могут полностью устранить необходимость перемещения по всему полю.

Вместе с тем наблюдается рост таких затрат, как амортизация оборудования, покупная электроэнергия, содержание основных средств, а также оплата услуг производственного характера, что связано с использованием инновационной техники и технологий, таких как БПЛА и интеллектуальные системы мониторинга, которые требуют энергетических ресурсов и специализированного обслуживания для поддержания их работы на достаточном уровне. В качестве модели БПЛА для мониторинга была выбрана модель Mavic 3 Pro, сочетающая в себе высокую точность и функциональность. Стоимость комплекта в 2024 г., включающего БПЛА, три батареи для поддержки длительной автономной работы устройства и концентратор-хаб для зарядки, составляла 500 тыс. руб.

Важным параметром при планировании мониторинга является зависимость охвата территории от высоты полета. Так, при работе на высоте 150 м аппарат способен обследовать площадь 100 га примерно за 1 ч.

Таблица 5.4 – Анализ производственной себестоимости до и после внедрения системы интеллектуального мониторинга (тыс. руб.)

Показатель	ООО Агрофирма «Победа»		АО «Знамя Октября»		АО «Колос»		ООО «Урожай XXI век»		АО «Правобережный»	
	Данные отчета	Прогноз	Данные отчета	Прогноз	Данные отчета	Прогноз	Данные отчета	Прогноз	Данные отчета	Прогноз
Оплата труда с отчислениями на социальные нужды	22 389	22 389	11561	11561	8325	8325	37794	37794	3412	3412
Семена и посадочный материал	22 005	22 005	23482	23482	20602	20602	16616	16616	3101	3101
Минеральные и органические удобрения	51 717	51 717	36878	36878	31260	31260	29571	29571	9253	9253
Средства защиты растений	17 797	12 458	19016	13311	13010	9107	34342	24039	2483	1738,1
Полупная энергия (кроме нефтепродуктов)	672	712	300	370	40	70	2223	2273	358	368
Нефтепродукты всех видов	18 510	17 955	20607	19989	11649	11416	23889	23172	2735	2708
Содержание основных средств	18 889	19 289	49142	49842	31709	32009	27409	27909	0	100
Оплата работ и услуг производственного характера	37 522	38 322	6619	8019	29855	30455	12283	13283	8030	8230
Затраты на страхование	1 104	1 104	–	–	213	213	226	226	21	21
Прочие затраты	44 322	45 189	141114	142431	54873	55573	89635	90668	14694	15011
В том числе амортизация	25 311	25 978	39229	40396	2777	3277	284283	285116	281	448
В том числе подписка на интеллектуальную систему	–	200	–	150	–	200	–	200	–	150
Производственная себестоимость, всего	234 927	231 140	308719	305883	201536	199030,02	273988	265551,73	44087	43942
Экономия средств	3 787		2836		2506		8436		145	
Снижение себестоимости, %	1,6		0,9		1,2		3,1		0,3	

Источник: составлено автором на основе данных финансовой отчетности

С увеличением высоты пропорционально возрастает и производительность: на 200 м то же количество гектаров сканируется за 43 мин, на 250 м – за 35 минут, на 300 м – за 28 мин, а на максимальной рабочей высоте 500 м время обследования сокращается до 20 мин. В наших расчетах мы исходили из нормативного показателя производительности 120 га/ч.

Дополнительные затраты на внедрение интеллектуальных сервисов в зерновом производстве напрямую зависят от выбранной модели монетизации, которая должна учитывать специфику конкретного хозяйства. Ключевыми факторами при выборе оптимальной схемы являются посевная площадь, планируемая интенсивность использования ИИ-решений и финансовые возможности сельхозпроизводителя (таблица 5.5)

Таблица 5.5 – Стратегии монетизации интеллектуальных решений для зернового производства

Модель монетизации	Характеристика
Бесплатная	Предоставление льгот для отдельных участников, вплоть до бесплатного использования в обмен на участие пользователя в сборе и подготовке данных для обновления системы
Условно бесплатная	Сервис предлагается бесплатно в базовой версии, пользователь платит за подключаемый расширенный функционал
Плата за пользование	Расходы зависят от фактического использования сервиса. Производитель платит только за количество обращений или операций, выполненных с использованием ИИ-сервиса. Модель является предпочтительной для небольших КФХ или хозяйств, использующих сервис нечасто
Подписка	Оплачиваются регулярные платежи (ежемесячные или ежегодные) за использование полного функционала ИИ-сервиса. Данная модель является предпочтительной, если фермеры планируют интенсивное использование сервиса и хотят иметь постоянный доступ к нему

При выполнении расчетов экономической эффективности была выбрана подписная модель монетизации как наиболее соответствующая условиям интенсивного использования цифрового сервиса. Данная модель предполагает фиксированные ежегодные платежи в размере 50 тыс. руб. за мониторинг одной культуры, что включает полный доступ к функционалу платформы, регулярные

обновления алгоритмов обработки данных и техническую поддержку. Помимо стоимости подписки, в расчетах учтены дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с использованием беспилотных летательных аппаратов, в частности: аутсорсинг услуг оператора БПЛА в 200 тыс. руб. за сезон, а также ежегодное техническое обслуживание одного дрона на сумму 100 тыс. руб., включающее замену расходных материалов, текущий ремонт, калибровку оборудования и программное обеспечение.

Проведенные расчеты (таблица 5.6) наглядно демонстрируют положительное влияние цифровых технологий на эффективность зернового производства. Анализ данных пяти сельхозпредприятий Краснодарского края показывает, что внедрение интеллектуальных систем мониторинга способствовало увеличению валового сбора зерновых культур в среднем на 1-1,5% благодаря своевременному выявлению очагов заболеваний и вредителей. Объем инвестиций в цифровые технологии варьировался в зависимости от масштабов производства предприятий: от 617 тыс. руб. в АО «Правобережный» до 3 417 тыс. руб. в АО «Знамя Октября», что привело к сокращению себестоимости 1 ц зерна на 18–42 руб. Средний уровень затрат составил 450-650 руб. на гектар посевной площади.

Финансовые результаты предприятий после внедрения цифровых технологий демонстрируют устойчивую положительную динамику. Выручка от реализации увеличилась на 1–5,5 % с абсолютным приростом от 1 073 тыс. руб. в АО «Правобережный» до 5 785 тыс. руб. в АО «Знамя Октября». Прибыль от продаж возросла на 4–36 %, при этом максимальный абсолютный прирост составил 11 597 тыс. руб. в ООО «Урожай XXI век». Совокупное влияние роста прибыли и снижения себестоимости привело к увеличению валовой рентабельности на 3,4–9,2 процентных пункта.

Таблица 5.6 – Расчет экономической эффективности на микроуровне

Показатель	ООО Агрофирма «Победа»		АО «Знамя Октября»		АО «Колос»		ООО «Урожай XXI век»		АО «Правобережный»	
	Данные отчета	Расчет	Данные отчета	Расчет	Данные отчета	Расчет	Данные отчета	Расчет	Данные отчета	Расчет
Посевная площадь зерновых культур, га	4634	4634	7663	7663	3714,5	3714,5	5152	5152	932,6	932,6
Урожайность, ц/га	64,7	65,4	50,3	51	52,9	53,6	53,4	54,1	50,1	50,8
Валовой сбор, ц	299619	303063,6	385609	390813	196459	199097	275271	278723	46701	47376
Производственная себестоимость, тыс. руб.	234927	231 140	308719	305883	201536	199030	273988	265551	44087	43942
В том числе затраты на цифровые технологии, тыс. руб.	0	2067	0	3417	0	1 630	0	2 583	0	617
Производственная себестоимость 1 ц, руб.	784,1	762,7	800,6	783	1026	1000	995,3	952,7	944	928
Реализовано всего, ц	344749	348193,6	94267	99471	243243	245881	311734	315186	26315	26990
Себестоимость продаж, тыс. руб.	241808	237910	74052	73372	218640	215921	234314	227099	37488	37364
Выручка от реализации, тыс. руб.	449836	454323	104876	110661	313280	316670	397890	402272	40759	41832
Прибыль от продаж, тыс. руб.	208028	216413	30824	37290	94640	100749	163576	175173	3271	4467
В том числе эффект от использования цифровых технологий	0	8 385	0	6466	0	6109	0	11597	0	1196
Себестоимость продаж 1 ц, руб.	701,4	683,3	785,6	737,6	898,8	878	751,6	720,5	1424,6	1384,4
Цена реализации 1 ц, руб.	1304,8	1304,8	1112,5	1112,5	1287,9	1287,9	1276,3	1276,3	1549,9	1549,9
Прибыль 1 ц, руб.	603,4	621,5	326,9	374,9	389,1	410	524,7	555,8	125,3	165,5
Валовая рентабельность, %	86,0	91,0	41,6	50,8	43,3	46,7	69,8	77,1	8,8	12,0
В том числе за счет внедрения цифровых технологий	0	4,9	0	9,2	0	3,4	0	7,3	0	3,2

Источник: составлено автором на основе данных финансовой отчетности

Оценка эффекта от внедрения и использования интеллектуального мониторинга на мезоуровне в первую очередь должна основываться на анализе производственных затрат на СЗР. На основании данных 479 зерносеющих сельскохозяйственных организаций Краснодарского края за 2023 г. установлено, что в среднем 8,9 % всех производственных затрат приходится на СЗР (рисунок 5.8).

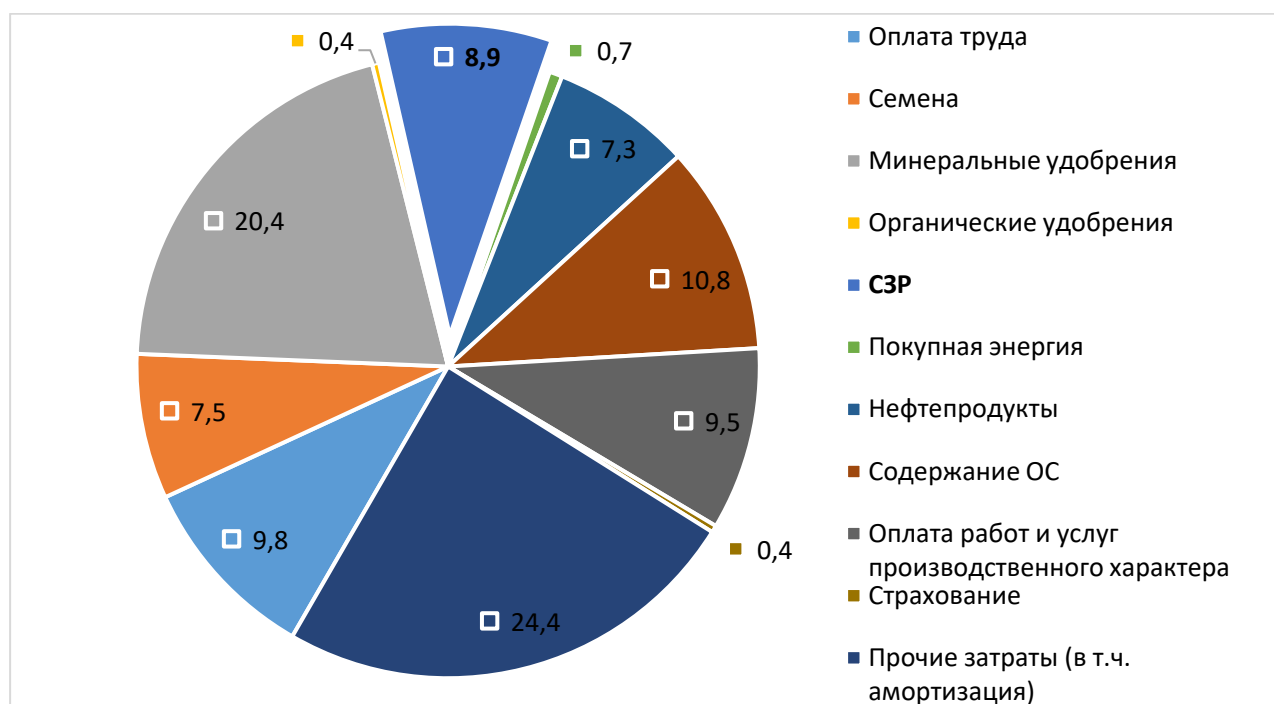


Рисунок 5.8 – Структура производственной себестоимости зерносеющих сельскохозяйственных организаций Краснодарского края в 2023 г.

Источник: получено автором на основе данных приложения Л

На основе процедуры пошагового регрессионного анализа была получена зависимость между валовым сбором зерновых культур и затратами на их производство (3):

$$y = -13727,83 + 3,12x_1 + 1,99x_2 + 1,07x_3 + 9,87x_4 + 1,18x_5 + 1,88x_6 + 1,07x_7, \quad (3)$$

где y – выход продукции, ц;

x_1 – затраты на семена и посадочный материал, тыс. руб.;

x_2 – затраты на минеральные удобрения, тыс. руб.;

x_3 – затраты на средства защиты растений, тыс. руб.;

x_4 – затраты на электроэнергию, тыс. руб.;

x_5 – затраты на нефтепродукты всех видов, тыс. руб.;

x_6 – затраты на содержание основных средства, тыс. руб.;

x_7 – затраты на оплату работ и услуг производственного характера, тыс. руб.

Проведенный регрессионный анализ выявил высокую объясняющую способность построенной модели, что подтверждается значением коэффициента детерминации $R^2 = 0,982$, свидетельствующим о том, что 98,2 % вариации валового сбора зерновых объясняется включенными в модель факторами (таблица 5.7). Сильная корреляционная связь между исследуемыми переменными демонстрируется значением множественного $R = 0,991$. Исключительно низкий p -уровень F -критерия (практически нулевой) подтверждает адекватность модели в целом и статистическую значимость выявленных зависимостей.

Таблица 5.7 – Результаты регрессионного анализа влияния производственных затрат на валовой сбор зерновых культур

Фактор	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка коэффициента регрессии	t-статистика	P-значение	Нижняя граница 95% интервала	Верхняя граница 95% интервала
Свободный член	–13727,83	3852,2693	–3,5636	0,0004	–21297,59	–6158,07
x_1	3,1210	0,3748	8,3273	0,0000	2,3845	3,8575
x_2	1,9906	0,1913	10,4076	0,0000	1,6148	2,3665
x_3	1,0669	0,4460	2,3922	0,0171	0,1905	1,9433
x_4	9,8693	2,6671	3,7003	0,0002	4,6284	15,1102
x_5	1,1826	0,3808	3,1060	0,0020	0,4344	1,9308
x_6	1,8849	0,1456	12,9430	0,0000	1,5987	2,1710
x_7	1,0686	0,1403	7,6174	0,0000	0,7929	1,3442

Результаты анализа демонстрируют, что наряду с другими факторами затраты на средства защиты растений (x_3) оказывают статистически значимое влияние на выход продукции зернового производства ($p = 0,017$). Коэффициент

регрессии 1,0669 показывает, что увеличение затрат на СЗР на 1 тыс. руб. приводит к среднему росту валового сбора в среднем на 1,07 ц.

Вместе с тем анализ удельных затрат СЗР в структуре себестоимости позволил выявить существенную вариацию в использовании пестицидов, что позволило сгруппировать сельскохозяйственные организации в 6 групп (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Группировка сельскохозяйственных зерносеющих организаций Краснодарского края по величине расходов на СЗР

Порядковый номер группы организаций	Интервал затрат, тыс. руб./га	Число организаций	Посевная площадь, га	Удельный вес группы в посевной площади, %	Средневзвешенные расходы на СЗР, тыс. руб./га
1	(0–2,43)	77	124366,8	9,12	1,72
2	(2,43–4,87)	171	704695,8	51,66	3,25
3	(4,87–7,30)	132	380601,7	27,90	5,95
4	(7,3–9,73)	57	103532,3	7,59	8,14
5	(9,73–12,16)	21	32667,3	2,40	10,26
6	(12,16–24,33)	21	18115,2	1,33	17
Итого		479	1363979,1	100	

Практически десятикратный разброс между средними значениями (от 1,72 до 17 тыс. руб. /га) свидетельствует о значимых различиях в подходах к защитным мероприятиям и эффективности использования агрохимии. Большая часть посевных площадей (51,7 %) приходится на организации с умеренным уровнем издержек (2,43–4,87 тыс. руб./га), что может рассматриваться как отраслевой норматив для региона. Значительная доля предприятий (11,3 % от общей площади) демонстрирует высокие средние расходы на СЗР – от 8,14 до 17 тыс. руб./га, при этом в 42 организациях (3,7 % посевной площади) затраты превышают 9,73 тыс. руб./га, достигая для отдельных субъектов рекордных 24,33 тыс. руб./га. Такие показатели свидетельствуют либо о нерациональном использовании пестицидов, либо об особо сложных производственных условиях.

Для 77 организаций из первой группы (9,12 % площади) выявлена обратная ситуация – СЗР либо вообще не применяются (нулевые затраты), либо

применяются на минимальном уровне (до 2,43 тыс. руб./га). Для таких организаций оценка экономического эффекта должна основываться на оценке недополученного урожая. В таблице 5.9 приведены нормативы сохраняемого урожая от использования химических средств защиты растений для основных зерновых культур, дифференцированные по зонам интенсивности земледелия. Данные нормативы фактически отражают потенциальные потери урожайности при отказе от защитных мероприятий.

Таблица 5.9 – Нормативы сохраняемого урожая зерновых культур

Культура	Вредный объект	Урожайность, ц/га				
		20–30	30–40	40–50	50–60	>60
Озимая пшеница	Болезни (обработка посевов)	2,5	4,5	6,5	8,3*	
	Вредители	2,0	4,0	9,7	11,1*	
	Сорная растительность	2,6	3,8	4,9	6,0*	
Яровая пшеница	Болезни (обработка посевов)	2,7	5,0	6,6*		
	Вредители	2,5	5,0	6,4*		
	Сорная растительность	2,5	4,5	5,8*		
Ячмень	Комплекс болезней	2,8	3,2	4,1*	4,8*	
	Сорная растительность	2,8	4,2	5,3*	6,5*	
Рис	Пирикулярриоз (обработка посевов)		3,9	5,7	7,5	9,3*
	Вредители (ржавый комарик)		5,0	7,1	9,0	11,0*
	Сорная растительность		8,5	10,5	13,8	16,2*
Кукуруза на зерно	Комплекс болезней (протравливание)		1,6	3,1	4,8	7,0
	Вредители		4,3	8,4	10,5	19,1
	Сорная растительность		4,5	9,8	11,5	19,0

* – Рассчитано автором

Источник: составлено автором на основе [42]

Отметим, что в таблице 5.9 приведены минимальные пороговые значения, полученные учеными лаборатории экономики и маркетинга Всероссийского института защиты растений на основе более 7 тыс. производственных опытов [42]. При этом в других источниках по некоторым болезням зерновых, в том числе составляющих основу патокомплекса Краснодарского края, в качестве нижней границы потерь урожая отмечается значение 10 %. По информации [43], ежегодное снижение урожайности зерновых культур в России из-за воздействия ржавчинных заболеваний составляет 50–60 %, пятнистостей – 30–40, корневых гнилей и фузариоза колоса – 15–20, мучнистой росы – 15 %. Согласно [230], годовые потери урожая составляют: 13,8 % от вредителей, 11,6 % от болезней, 9,5 % от сорной растительности.

Таблица 5.10 – Прогноз сокращения затрат на СЗР по видам зерновых культур

Культура	Затраты на СЗР по группам организаций, млн руб.						Итого	Сокращение затрат на СЗР, млн руб.
	1	2	3	4	5	6		
Пшеница	259,8	23780,9	2749,6	1023,3	407,9	374,5	7596,1	2200,9
В том числе: пшеница озимая	259,2	2775,0	2743,8	1021,2	407,0	373,7	7580,0	2196,2
пшеница яровая	0,6	5,9	5,8	2,2	0,9	0,8	16,1	4,7
Ячмень	31,2	334,3	330,5	123,0	49,0	45,0	913,1	264,6
В том числе: ячмень озимый	28,9	309,0	305,5	113,7	45,3	41,6	843,9	244,5
ячмень яровой	2,4	25,3	25,1	9,3	3,7	3,4	69,2	20,1
Рожь	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Просо	0,0	0,4	0,3	0,1	0,1	0,0	1,0	0,3
Овес	0,7	7,5	7,4	2,7	1,1	1,0	20,4	5,9
Кукуруза на зерно	64,9	694,8	687,0	255,7	101,9	93,6	1897,8	549,9
Тритикале	0,4	4,2	4,1	1,5	0,6	0,6	11,4	3,3
Гречиха	0,0	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	1,2	0,3
Рис	17,3	184,8	182,8	68,0	27,1	24,9	504,9	146,3
Всего по зерновым культурам	374,4	4006,9	3961,8	1474,5	587,7	539,6	10944,7	3171,5

Полученная нами структура распределения посевных площадей по группам затрат (группа 1 – 9,12 %, группа 2 – 51,66, группа 3 – 27,90, группа 4 – 7,59, группа 5 – 2,40, группа 6 – 1,33 %) была экстраполирована на всю посевную площадь зерновых культур в Краснодарском крае, на основе чего был выполнен прогноз сокращения расходов на пестициды по каждой культуре (таблица 5.10).

В таблице 5.11 представлен итоговый прогноз экономического эффекта на региональном уровне от внедрения интеллектуального мониторинга биотических факторов зерновых культур, выполненный с учетом двух принципиально различных сценариев для разных категорий посевных площадей. Для 9,12 % площадей, где средства защиты растений либо не применяются совсем, либо используются в недостаточных объемах, экономический эффект рассчитывался исходя из нормативов сохраняемого урожая (таблица 5.9), что позволило оценить предотвращенные потери урожайности (2,92 млрд руб.).

Для остальных 90,88 % посевных площадей экономия прогнозировалась за счет сокращения использования пестицидов, которое, по нашим расчетам, составит 3,17 млрд руб. (таблица 5.10). Такой дифференцированный подход дает возможность более точно оценить совокупный экономический эффект (6,08 млрд руб.), учитывающий, как предотвращение потерь урожая на слабо защищаемых площадях, так и оптимизацию затрат на интенсивно обрабатываемых участках.

Несостоятельность действующей системы мониторинга в зерновом хозяйстве Российской Федерации, проявляющаяся в неспособности оперативно реагировать на возникающие угрозы и обеспечивать поддержку управленческих решений, связанных с управлением рисками, обуславливает значительные экономические потери, которые на уровне зернового хозяйства страны оцениваются нами в размере 63,01 млрд руб. (таблица 5.12). В этой связи реализация разработанной методологии мониторинга зернового производства, основанной на использовании технологий искусственного интеллекта, имеет значительный потенциал для повышения экономической эффективности отрасли.

Таблица 5.11 – Прогнозируемый экономический эффект от внедрения и использования интеллектуального мониторинга в зерновом хозяйстве Краснодарского края (на основе данных 2023 г.)

Культура	Площадь посевная, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т	Цена реализации, тыс. руб./т	Норматив сохраняемого урожая, ц/га	Недополученный урожай			Сокращение затрат на СЗР, млн руб.	Прогнозируемый экономический эффект, млн руб.
						тыс. т	млн руб.	руб.		
Пшеница	1656,35	56,19	9226,54	12,68		129,41	1640,34	2200,90		3841,24
В том числе пшеница озимая	1652,84	56,23	9212,67	12,68	8,50	129,25	1638,38	2196,20		3834,58
пшеница яровая	3,51	39,85	13,86	12,68	4,80	0,16	1,96	4,70		6,66
Ячмень	199,11	56,03	1101,28	11,15		0,00	111,39	264,60		375,99
В том числе: ячмень озимый	184,02	57,72	1048,39	11,15	5,60	9,48	105,67	244,50		350,17
ячмень яровой	15,09	35,41	52,88	11,15	3,70	0,51	5,73	20,10		25,83
Рожь	0,03	33,16	0,08	7,11	4,50	0,00	0,01	0,00		0,01
Просо	0,21	19,44	0,22	10,29	3,50	0,01	0,07	0,30		0,37
Овес	4,44	35,15	15,14	12,88	4,50	0,18	2,37	5,90		8,27
Кукуруза на зерно	413,82	60,47	2458,21	11,99	7,00	57,11	684,85	549,90		1234,75
Тритикале	2,48	46,92	11,40	16,10	4,50	0,10	1,65	3,30		4,95
Гречиха	0,26	11,20	0,43	17,13	1,00	0,00	0,04	0,30		0,34
Рис	110,09	70,51	714,49	38,77	12,10	12,26	475,13	146,30		621,43
Итого	2386,53		13527,35			199,07	2915,86	3171,50		6087,36

Источник: рассчитано автором

Таблица 5.12 – Прогнозируемый экономический эффект от внедрения и использования интеллектуального мониторинга в зерновом хозяйстве Российской Федерации (на основе данных 2023 г.)

Культура	Площадь посевная, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т	Цена реализации, тыс. руб./т	Норматив сохраняемого урожая, ц/га	Недополученный урожай		Сокращение затрат на СЗР, млн руб.	Прогнозируемый экономический эффект, млн руб.
						тыс. т	млн руб.		
Пшеница	29753,87	32,93	92851,09	10,39		1464,18	15212,30	26189,36	41401,65
В том числе: пшеница озимая	15694,99	41,84	63841,22	10,39	7,00	1098,65	11414,57	13814,73	25229,30
пшеница яровая	14058,87	22,68	29009,87	10,39	2,60	365,53	3797,73	12374,62	16172,35
Ячмень	7943,34	28,24	21146,64	9,41		235,64	2216,41	6991,73	9208,14
В том числе: ячмень озимый	696,28	42,91	2920,68	9,41	4,70	32,73	307,81	612,87	920,67
ячмень яровой	7247,06	26,82	18225,96	9,41	2,80	202,92	1908,61	6378,86	8287,47
Рожь	805,65	22,79	1711,79	7,11	4,00	32,23	228,99	709,13	938,12
Просо	294,61	16,85	450,30	10,29	3,50	10,31	106,07	259,32	365,38
Овес	1831,64	20,08	3304,21	10,51	3,20	58,61	616,23	1612,21	2228,44
Кукуруза на зерно	2668,14	75,89	16627,87	10,01	15,00	400,22	4004,46	2348,50	6352,96
Тритикале	97,87	30,70	280,09	16,10	3,00	2,94	47,27	86,15	133,42
Гречиха	1294,79	15,18	1475,25	17,13	1,00	12,95	221,79	1139,67	1361,46
Рис	191,85	61,90	1073,00	37,08	12,10	23,21	860,66	168,87	1029,52
Итого	43586,97	289,38	137444,97			2240,29	23514,18	39504,93	63019,09

Источник: рассчитано автором

Предложенный подход к организации цифровой системы наблюдения и контроля бизнес-процессов способствует созданию условий для более эффективного использования ресурсной базы, снижения антропогенной нагрузки на агроэкосистемы и минимизации потерь урожая.

Помимо прямого экономического эффекта, представленного в расчетах, внедрение интеллектуальных систем мониторинга обеспечивает значимые косвенные преимущества, среди которых особое значение имеют экологические аспекты.

Оценка прямого экологического ущерба, связанного с неоптимальным использованием агрохимии в сельском хозяйстве, представляет собой сложную и многогранную задачу, решение которой выходит за рамки настоящей работы. Однако базовые эффекты от экологизации зернового хозяйства за счет таргетированного и точечного внесения пестицидов, просматриваемые уже сейчас, включают:

- сокращение риска загрязнения почвы, водных экосистем, утечки токсичных веществ в атмосферу и связанных с ними убытков биоразнообразия;
- благоприятное воздействие на здоровье человека;
- снижение рисков развития резистентности у патогенов к химическим препаратам;
- сокращение выбросов парниковых газов, таких как диоксид азота и метан имеющих антропогенное воздействие, поскольку оптимизация использования агрохимии уменьшает потребность в механизированных операциях на поле и т.д.

Проведенные рассуждения и расчеты, выполненные в настоящем параграфе, демонстрируют высокую практическую ориентированность разработанной методологии и подчеркивают ее комплексный эффект, обеспечивающий синергию экономических и экологических преимуществ, что соответствует принципам устойчивого развития современного сельского хозяйства. Реализация данного подхода создает основу для перехода к ресурсосберегающему и экологически ответственному земледелию без ущерба для производственных показателей.

Выводы по разделу 5

1. Определены ключевые направления повышения эффективности создания добавочной стоимости продукции зернового хозяйства, среди которых: переход к интеллектуальной фазе мониторинга через организацию системы мер, принципов и способов организации, построения процесса наблюдения и контроля за ключевыми параметрами бизнес-процессов производства зерна; разработка комплекса мер, направленных на поддержку и развитие кадрового потенциала в отрасли в первую очередь за счет модернизации системы аграрного образования. В итоге происходит формирование положительного образа аграрных профессий; активизация научно-технического развития сельского хозяйства в результате выполнения совокупности мероприятий нацеленных на увеличение доли инновационных затрат на исследования и разработки в аграрной сфере, поддержку научных работников и преподавателей аграрных вузов, вовлеченных в научную деятельность, пересмотр критериев оценки научных проектов со сдвигом акцента на междисциплинарные исследования; снижение институциональных барьеров в результате пересмотра норм законодательства в части РИД; переход на экосистемную модель взаимодействия участников производства зерна, определяющую инфраструктурный базис для организации цифрового мониторинга производства зерна в новых технико-технологических условиях хозяйствования, способствующего эффективной реализации цикличной *data*-ориентированной модели управления бизнес-процессами производства зерна, отвечающей требованиям для практической реализации методологии мониторинга.

2. Ориентация на цифровую экосистему зернового производства предполагает неизбежную трансформацию всех аспектов деятельности агробизнеса. В связи с этим в главе разработан поэтапный план перехода аграрных зерносеющих предприятий на цифровую платформу, включающий девять взаимосвязанных мероприятий, реализация которых в период с 2025 по 2030 г. позволит агробизнесу интегрироваться с цифровой экосистемой и преодолеть отраслевые риски. Начав с создания цифровой инфраструктуры и обучения кадров

(2025–2026 гг.), план предусматривает постепенное внедрение более сложных технологических решений, включая автоматизированные системы контроля, интеллектуальные системы мониторинга и централизованные базы данных (2026–2028 гг.). Завершающим этапом станет запуск пилотных цифровых проектов (2030 г.).

3. Доказано, что совершенствование системы мониторинга, встроенного в экосистему зернового производства, имеет прямое отношение к экономике производства, что проявляется в виде двух прямых экономических эффектов на каждом из уровней функционирования новых мониторинговых систем. На уровне отдельного сельскохозяйственного предприятия внедрение интеллектуального мониторинга биотических факторов обеспечивает рост выручки от реализации в диапазоне 1–5,5 % и увеличение прибыли от продаж на 4–36 %, что в сочетании со снижением себестоимости продукции приводит к повышению валовой рентабельности на 3,4 том числе 9,2 процентных пункта.

4. На региональном уровне прогнозируемый экономический эффект от внедрения интеллектуального мониторинга биотических факторов в зерновом производстве был рассчитан с применением дифференцированного подхода, учитывающего принципиально различные сценарии для двух категорий посевных площадей. Для 9,1 % площадей, характеризующихся недостаточным или нулевым использованием средств защиты растений, экономический эффект оценивался через призму предотвращенных потерь урожайности на основании нормативов сохраняемого урожая, что позволило количественно определить потенциальный прирост производства зерна, эквивалентный 2,92 млрд руб. Для остальных 90,9 % посевных площадей, где осуществляется интенсивная защита растений, экономический эффект рассчитывался через оптимизацию использования пестицидов, что по прогнозам может обеспечить сокращение затрат на 3,17 млрд руб.

5. На национальном уровне неэффективность действующей системы мониторинга в зерновом хозяйстве Российской Федерации приводит к значительным экономическим потерям, превышающим 63 млрд руб. ежегодно.

Основные системные недостатки проявляются в отсутствии оперативного выявления биотических угроз и запаздывающем принятии управленческих решений, что существенно ограничивает возможности минимизации производственных рисков. Проведенные исследования и расчеты убедительно доказывают практическую значимость разработанной методологии, которая обеспечивает комплексное решение указанных проблем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повсеместное внедрение в практику хозяйствования цифровых технологий, повышающийся уровень динамизма экономической жизни, трансформация объективных экономических процессов в сторону содержательных характеристик непосредственного труда в агропродовольственном секторе народного хозяйства на современном этапе развития общества предъявляют высокого уровня требования к организации и управлению бизнес-процессами, генерирующим ценностные уровни производства с преимущественной ориентацией на продукцию высокого передела. Производство зерна как одну из основных отраслей сельского хозяйства, обеспечивающих продовольственную безопасность, нельзя рассматривать вне контекста общей модернизационной политики, предусматривающей рост объема и качества применения информационных технологий. В результате повышаются требования к системам сбора, хранения и передачи данных, потребность в их качественной обработке и достоверных выводах, необходимых для принятия решений, оформляется спрос на аналитические системы, способные обеспечить реализацию программы цифровизации сельского хозяйства. В самом ближайшем будущем управление производством зерна должно базироваться на интеллектуальных системах принятия решений, обеспечивающих: автоматический выбор семян и технологии возделывания культур; рекомендаций по срокам сева, полевых работ, полевых осмотров, гербицидным и фунгицидным обработок; создание схем севооборотов, агрономический анализ почвы. Происходящие изменения требуют коренного пересмотра механизма организации и управления бизнес-процессами производства зерна.

На основе проведенных исследований были сформулированы выводы и обобщения теоретико-методологического плана и практико-ориентированного характера.

1. Современная продовольственная система России переходит на новый этап своего технологического развития, в основе которого лежит цифровая трансформация производства. Прежние экономические законы, определявшие ход

развития индустриальной аграрной экономики, утрачивают свою первостепенную значимость, начинают проявляться новые законы, отражающие изменения в облике и условиях товарного производства. Данный процесс носит всеобъемлющий характер, затрагивая все без исключения сферы экономической деятельности, что позволяет говорить не просто об отраслевых новациях, а о становлении качественно нового способа производства в АПК. В ходе исследования сформирован понятийный аппарат, раскрывающий сущность инновационного способа производства в АПК в новых условиях. Его ключевая особенность – интеграция сквозных технологий, генерирующих цифровые решения, которые не только оптимизируют отдельные бизнес-процессы, но и создают условия для структурного преобразования ресурсной базы АПК, открывая новые возможности для агробизнеса. В отличие от существующих трактовок, фокусирующихся на точечной модернизации, предложенный подход подчеркивает системообразующую роль цифровых решений, обеспечивающих переход от фрагментарных улучшений к качественному преобразованию всей цепочки создания стоимости, что позволяет рассматривать цифровую трансформацию не как набор технологических изменений, а как фундаментальный сдвиг в организации способа производства, формирующий основу для устойчивого развития отрасли и повышения ее экономической эффективности.

2. Трансформация бизнес-процессов под действием цифровых инноваций предполагает перенос значительной части бизнес-функций, под контроль новых технологий, что, с одной стороны освобождает аграрных производителей от необходимости выполнения рутинных операций, позволяя им сосредоточиться на стратегическом анализе и творческих аспектах управления, а с другой – приводит к изменениям в менталитете, ценностных ориентирах и межличностных отношениях людей в процессе принятия решений. Такая модификация характера труда и управленческой деятельности привела к необходимости уточнения и расширения содержания существующей системы инноваций в сельском хозяйстве, позволив раскрыть в ее составе новый

психолого-поведенческий тип инноваций, требующий формирования у работников новых компетенций цифровой проницательности, способности к цифровой интеграции, аналитического мышления, взаимодействия с искусственным интеллектом, цифровой адаптивности. Отличительная особенность авторского подхода к характеристике системы инноваций в цифровой экономике – обоснованная полиаддитивность функций цифровых технологий в бизнес-процессах зернового производства, включающая основные, обслуживающие, управленческие и смежные их направления.

3. В зерновом производстве, являющемся наиболее крупной отраслью сельского хозяйства, от развития которой в значительной степени зависит продовольственная безопасность страны, изменения сдерживаются низкой готовностью бизнес-процессов к цифровой трансформации и недостаточной адаптивностью к новым требованиям хозяйствования. В этих условиях на передний план выходит проблема оперативного контроля и управления ключевыми параметрами бизнес-процессов, решение которой лежит в разработке и внедрении в зерновое хозяйство новой многоуровневой субординированной цифровой системы мониторинга. Мониторинг, усиленный возможностями искусственного интеллекта, становится ключевым элементом новой цикличной модели управления. Благодаря автоматизированному сбору данных, использованию современного оборудования для наблюдения, интеграции с передовыми аналитическими инструментами, мониторинг в его интеллектуальной фазе служит основой для точного и своевременного принятия управленческих решений и действий с последующей их коррекцией, в конечном итоге влияя на эффективность зернового производства в целом. Интеграция мониторинга с цифровыми инструментами открывает совершенно новые возможности для оптимизации использования ресурсов, совершенствования системы управления рисками, повышения прозрачности бизнес-процессов и их эффективной адаптации к динамично меняющимся условиям эндогенной и экзогенной сред.

4. Проникновение цифровых решений в систему мониторинга зернового хозяйства происходит крайне неравномерно и фрагментарно. Более системный и

комплексный подход к цифровому мониторингу наблюдается на высоких (макро- и мезо-) уровнях, где интеграция технологий осуществляется с большей координацией и поддержкой. На других ступенях производители зерна сталкиваются с трудностями в доступе к цифровым инструментам и ресурсам, что приводит к разрыву в алгоритмизации его бизнес-процесса. Для преодоления этой несогласованности в диссертации предложен методический подход к интеллектуализации мониторинга бизнес-процесса производства зерна декомпозированный по трем уровням: выстраивание архитектуры мониторинга, сбор данных и разработка информационных решений, интеграция цифровых решений в деятельность агропредприятий. Данный подход позволил определить барьеры и вызовы интеллектуализации мониторинга производства зерна, которые систематизированы по шести блокам: данные, программное обеспечение, инфраструктура, компетенции, нормативное регулирование и другие, преодоление которых в каждом из блоков определяет базовые предпосылки для перехода на цифровую модель мониторинга.

5. Современные научные представления о цифровом мониторинге носят относительно разрозненный характер, описывая (весьма приблизительно) его отдельные стороны и не раскрывая сущностных характеристик. Это послужило основанием для предложения авторской трактовки некоторых понятий, характеризующих цифровые инновации производства зерна в новых условиях. Введена категория методологии мониторинга, представленная как комплексный подход к системе мер, принципов, способов организации, построения процесса наблюдения и контроля за состоянием объекта в зерновом секторе АПК, характеризующий завершенность цифровой трансформации аграрного сектора экономики по инновационной цепочке к интеллектуальным формам ведения хозяйственной деятельности. В данном исследовании методология рассматривалась как тип рационально-рефлексивного сознания, направленного на изучение, совершенствование и разработку методов. В отличие от теории, которая сосредоточена на исследовании познавательной деятельности, разработанная методология фокусировалась на создании и применении инструментов,

позволяющих установить объективное знание, ориентированное на практическое применение. Такой прагматичный подход потребовал выработки авторской концепции организации мониторинга, интегрирующей четыре ключевых компонента: институциональный (нормативные правовые основы), технологический (цифровые платформы и оборудование), кадровый (компетенции специалистов) и методический (алгоритмы и регламенты). Особенностью концепции является ее адаптивность – сочетание жестких технологических решений с гибкими методическими подходами, что создает основу для поэтапной цифровой трансформации системы мониторинга с учетом отраслевой специфики.

6. В процессе проведения исследования выявлено, что переход к цифровым формам мониторинга затрудняет низкий уровень доверия сельскохозяйственных производителей к искусственному интеллекту и информационным технологиям в целом. Основная причина такого положения – недостаточная информированность аграриев о преимуществах и рисках использования искусственного интеллекта и стереотипы, сложившиеся в обществе относительно данной технологии. Развитие института консультирования отрасли производства зерна, способствующего донесению информации о преимуществах, возможностях и рисках использования цифровых технологий, – действенный метод решения системных проблем, связанных с проникновением цифровых решений в управление бизнес-процессом производства зерна. Для обеспечения производителей зерна точной и релевантной информационно-консультационной поддержкой в рамках концепции организации мониторинга зернового производства предложен стратегический подход предусматривающий интеграцию генеративных систем таких как AgriGPT, в работу информационно-консультационных служб.

7. Разработка инструментария мониторинга зернового производства базируется на предпосылке о доступности данных – ресурса, без которого интеллектуализация бизнес-процессов не сможет состояться. На основе этого положения была предложена и обоснована архитектура взаимодействия

участников отношений, возникающих в процессе подготовки данных для мониторинга на трех уровнях: индивидуальном, региональном и федеральном. Центральным элементом архитектуры является создание единой национальной базы данных, аккумулирующей информацию из региональных хранилищ. Такое решение позволяет масштабировать интеллектуальные системы диагностики и осуществлять комплексный мониторинг фитосанитарных рисков зернового производства на территории всей страны. В рамках архитектуры взаимодействия предложен ряд концептуальных элементов информационного обеспечения мониторинговой системы зернового сектора, включающих разработку и внедрение стандартов и протоколов, формализацию строгих правил и процедур для защиты данных и коммерческой информации, введение единых стандартов для формата данных, установление критериев для оценки и контроля качества данных.

8. Современный уровень развития искусственного интеллекта пока не позволяет создавать универсальные решения для мониторинга. Поэтому в диссертационном исследовании были разработаны специализированные ИИ-модели, направленные на оптимизацию процесса мониторинга зернового производства (в версии фитосанитарного контроля), обеспечивающие повышение точности и скорости процесса принятия бизнес-решений. Для достижения этой цели впервые была создана информационная база биотических данных, охватывающая широкий спектр заболеваний зерновых культур и содержащая 13 732 объекта, классифицированных по 10 классам болезней, характерных для патокмплекса Краснодарского края. Разработанные прикладные решения охватывают три ключевых уровня анализа фитосанитарного мониторинга: выявление заболевания, оценка степени его развития и прогнозирование дальнейшего течения. Опытная оценка качества моделирования подтвердила высокую точность и надёжность предложенных решений, что доказывает их готовность к внедрению в цифровую систему бизнес-процесса мониторинга.

9. В ходе исследования разработан алгоритм принятия управленческих решений, интегрирующий интеллектуальные мониторинговые системы с

экспертными оценками. Данный подход принципиально отличается от традиционных алгоритмов своей способностью эффективно минимизировать неопределенность внешней среды благодаря комплексному использованию цифровых технологий и профессионального опыта специалистов. Гибкость алгоритма обеспечивается тремя взаимодополняющими сценариями работы. В условиях технологически развитых предприятий с полным доступом к данным применяется полный сценарий, обеспечивающий максимальную автоматизацию процессов на основе искусственного интеллекта и предиктивной аналитики. Для случаев с ограниченной или неполной информационной базой предусмотрен частичный режим, который гармонично сочетает автоматизированные расчеты с экспертными корректировками. В условиях низкого уровня цифровизации или высокой волатильности внешней среды алгоритм переходит в экспертный режим, сохраняя базовые функции при доминировании профессиональных оценок. Такая многоуровневая структура позволяет адаптировать процесс принятия решений к разным уровням технологической оснащенности агробизнеса.

10. В диссертации определены концептуальные основы инфраструктурного базиса мониторинга в формате экосистемы производства зерна транзакционного типа, включающей четыре основных блока: участники, цифровые сервисы, искусственный интеллект, маркетплейс, а также обслуживающий блок данных экосистемы, где собираются, интегрируются, анализируются и распространяются данные, связанные с производством зерна. Экосистемная модель организации производства зерна формирует единую цифровую среду с бесшовным доступом к современным решениям, устраняя барьеры между разрозненными технологиями и объединяя участников производственного процесса. Эта модель позволяет устранить непроизводительные звенья (посредники, иерархические связи и пр.) по всей цепочке создания добавленной стоимости и реализовать возможность равновесной альтернативы независимых участников рынка за счет установления эффективных правил выполнения бизнес-функций.

11. Обоснована несостоятельность действующей системы мониторинга биотических факторов в зерновом производстве, неспособность которой к своевременной оценке возникающих угроз приводит к экономическим потерям, составляющим около 5 % всего валового дохода производства зерна. В связи с этим был выполнен сценарный прогноз повышения экономической эффективности зернового производства. Базовым условием прогноза выступает авторская концепция перехода зернового хозяйства на цифровую экосистему, интегрирующую интеллектуальный мониторинг. Реализация интеллектуального мониторинга позволит достичь прироста валовой рентабельности производства до 10,0 %, а также обеспечит прогнозируемый совокупный макроэкономический эффект в размере 6,1 млрд руб. для зернового хозяйства Краснодарского края и 63 млрд руб. в масштабах всей зернопроизводящей отрасли Российской Федерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абузярова, М.И. Экосистемный подход к развитию креативных кластеров / М.И. Абузярова // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 6. – С. 1759–1770.
2. Административный регламент предоставления консультационных услуг в системе сельскохозяйственного консультирования России [Электронный ресурс] // Нормативная база сельскохозяйственного консультирования Федерального центра сельскохозяйственного консультирования ФГБОУ ДПО «Российская академия кадрового обеспечения АПК». – Режим доступа: <http://mex-consult.ru/page0723072009> (дата обращения: 24.04.2024).
3. Айвазов, А.Э. Периодическая система мирового капиталистического развития / А.Э. Айвазов // Развитие и экономика. – 2012. – №3. – С. 140–147.
4. Акбердина, В.В. Инновационная экосистема: теоретический обзор предметной области / В.В. Акбердина, Е.В. Василенко // Журнал экономической теории. – 2021. – №3. – С. 462–473.
5. Алетдинова, А.А. Инновационное развитие аграрного сектора на основе цифровизации и создания технологических платформ [Электронный ресурс] / А.А. Алетдинова // Иннов : электронный научный журнал. – 2017. – № 4(33). – Режим доступа: <https://www.innov.ru/science/tech/innovatsionnoe-razvitie-agrarnogo-s/> (дата обращения: 24.11.2024).
6. Алимов, К.К. Экономический механизм управления технологическими процессами в зерновом подкомплексе: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Алимов Куандык Кайруллинович. – Орел, 2017. – 33 с.
7. Алтухов, А.И. Повышение эффективности производства зерна на основе научно-технического прогресса / А.И. Алтухов, В.И. Нечаев, А.И. Трубилин и др. – С.: АгриПресс, 2005. – 208 с.
8. Алтухов, А. И. Развитие инновационной деятельности в зерновом хозяйстве страны // Никоновские чтения. – 2008. – №13. – С. 82–84.

9. Алтухов, А.И. Пространственная организация зернового производства в стране – основа его развития / А.И. Алтухов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №6. – С. 131–138.
10. Алтухов, А.И. Цифровая трансформация как технологический прорыв и переход на новый уровень развития агропромышленного сектора России / А.И. Алтухов, М.Н. Дудин, А.Н. Анищенко // Продовольственная политика и безопасность. – 2020. – №7(2). – С. 81–96.
11. Алтухов, А.И. Экономические проблемы инновационного развития зернопродуктового подкомплекса России / А.И. Алтухов, В.И. Нечаев. – М.: Изд-во В.В. Насирддинова, 2015. – 477 с.
12. Анализ размера и доли рынка цифрового сельского хозяйства – тенденции роста и прогнозы (2024–2029 гг.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/digital-agriculture-market> (дата обращения: 14.12.2024).
13. Анализ современных информационных систем мониторинга процессов производства в сельском хозяйстве / Е. В. Тимофеев, В. А. Размук, А. Н. Ефимова, Н. В. Петрова // АгроЭкоИнженерия. – 2021. – №1 (106). – С. 4–14.
14. Андреева, О.В. Оценка состояния земель в России на основе концепции нейтрального баланса их деградации / О.В. Андреева, Г.С. Куст // Известия РАН. – Сер.: географические науки. – 2020. – Т. 84, № 5. – С. 737–749.
15. Андросик, Ю.Н. Бизнес-экосистемы как форма развития кластеров / Ю.Н. Андросик // Труды БГТУ. – Сер. 5: Экономика и управление. – 2016. – №7 (189). – С. 38–43.
16. Ариничев, И.В. Использование цифровых интеллектуальных технологий для диагностики заболеваний хлебных злаков Кубани / И.В. Ариничев // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 5. – С. 70–73.
17. Ариничев, И.В. Организационные аспекты формирования цифровой экосистемы зернового производства / И.В. Ариничев // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8, № 11.

18. Ариничев, И.В. Семантическая сегментация ржавчин и пятнистостей пшеницы / И.В. Ариничев, С.В. Полянских, И.В. Ариничева // Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47, № 1. – С. 118–125.
19. Ариничев, И.В. Автоматизированная диагностика грибных болезней ячменя / И.В. Ариничев, И.В. Ариничева, Н.В. Репко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 95. – С. 69–72.
20. Ариничева, И. В. Развитие цифровой экономики в аграрной сфере / И. В. Ариничева, С. С. Бессарабова, У. А. Лихота // Современные фундаментальные и прикладные исследования. – 2018. – № 2 (29). – С. 36–38.
21. Ариничева, И.В. Диагностика развития сетчатой пятнистости озимого ячменя / И.В. Ариничева, Г.В. Волкова, И.В. Ариничев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 106. – С. 81–85.
22. Аузан, А.А. Цифровая экономика как экономика: институциональные тренды / А.А. Аузан // Вестник Московского университета. Сер. – 6. Экономика. – 2019. – № 6. – С. 12–19.
23. Аузан, А.А. Человеческий капитал как драйвер развития глобально конкурентоспособных направлений / А.А. Аузан // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2022. – № 3.
24. Афонасова, М.А. Механизмы торможения региональной экономики и их влияние на экономическую динамику / М.А. Афонасова // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – № 3. – С. 193–198.
25. Балянец, К. М. Цифровые платформы как основа оперативного и стратегического управления продуктовыми подкомплексами регионального АПК / К. М. Балянец, С. В. Дохолян // АПК: Экономика, управление. – 2024. – № 10. – С. 25–35.
26. Барьеры в развитии цифровой экономики в субъектах Российской Федерации.: аналитический доклад [Электронный ресурс] / Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. – Режим доступа: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/25838.pdf> (дата обращения: 24.04.2024).

27. Баутин, В.М. Концептуальные основы формирования инновационной экономики в агропромышленном комплексе России: монография / В.М. Баутин; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Российский гос. аграрный ун-т – МСХА им. К.А. Тимирязева. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2012. – 165 с.
28. Белозерцев, А.Г. Зерновое хозяйство России (1865–1997 гг.): Историко-экономический очерк / А.Г. Белозерцев. – М.: Воениздат, 1998. – 224 с.
29. Белюченко, И.С. Введение в экологический мониторинг: учеб. пособие / И.С. Белюченко. – Краснодар, 2011. – 297 с.
30. Белюченко, И.С. Экологический мониторинг / И.С. Белюченко // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 1998. – С. 345–349.
31. Болик, А.В. Трансформация труда на этапе цифровой модернизации общественного хозяйства / А.В. Болик, В.А. Сидоров // Экономика: теория и практика. – 2022. – №2(66). – С. 3–9.
32. Болик, А.В. Цифровизация хозяйственной деятельности и прекаризация труда / А.В. Болик, В.А. Сидоров // Бизнес. Образование. Право. – 2023. – №3 (64). – С. 184–188.
33. Бруснева, И.М. Мониторинг, анализ и прогнозирование регионального продовольственного рынка: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Бруснева Инна Михайловна. – Ставрополь, 2005. – 163 с.
34. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: Росинформагротех, 2019. – 48 с.
35. Волкова, Г.В. Идентификация ржавчины пшеницы с помощью фитопатологического исследования и технологий машинного зрения / Г.В. Волкова [и др.] // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2021. – №2 (54). – С. 109–120.
36. Гайсин, Р.С. Предел технологической революции сельского хозяйства и возможность его преодоления / Р.С. Гайсин // ПСЭ. – 2014. – №4(52). – С. 41–45.

37. Генералов, И. Г. Цифровая зрелость в региональной системе стратегического развития производства зерна / И. Г. Генералов // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 3. – С. 75–81.
38. Генералов, И.Г. Цифровая трансформация зернового хозяйства региона / И.Г. Генералов, Е.В. Губанова, А.Н. Лосев // Вестник НГИЭИ. – 2022. – №5 (132). – С. 104–112.
39. Глазьев, С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С.Ю. Глазьев. – М.: ВлаДар, 1993. – 310 с.
40. Голубев, А.В. Возможности научно-технического прогресса и инновационного развития в сельском хозяйстве / А.В. Голубев // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 11. – С. 46–51.
41. Голубев, А.В. Посткризисное развитие сельского хозяйства России / А.В. Голубев // Вопросы экономики. – 2009. – №10. – С. 131–135.
42. Гончаров, Н.Р. Нормативы сохраняемого урожая от применения химических средств защиты растений в РФ в зависимости от интенсивности земледелия / Н.Р. Гончаров, О.П. Каширский. – СПб.: RIZO-печать Инновационный центр защиты растений, 2003. – 8 с.
43. Гончарова, О.А. Аграрии лишаются иммунитета. Потери сбора зерна из-за болезней доходят до 60 % [Электронный ресурс] / О.А. Гончарова // Агроинвестор. – 2017. – № 06. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/27740-agrarii-teryayut-immunitet/> (дата обращения: 07.01.2024).
44. Горпинченко, К.Н. Организационно-экономический механизм правления инновационным процессом: теория, методология и практика (на примере зернового производства): дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Горпинченко Ксения Николаевна. – Краснодар, 2015. – 336 с.
45. ГОСТ 21507-2013. Защита растений. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2014. – 27 с.

46. ГОСТ 70889-2023 Информационные технологии. Искусственный интеллект. Структура жизненного цикла данных. – М.: Российский институт стандартизации, 2023. – 16 с.
47. Грачев, В.А. Развитие российского зернового рынка / В.А. Грачев, А.И., Алтухов, В.И. Сарайкин. – М.: ВНИИЭНУСХ, 1992.–173 с.
48. Гятов, А.В. Институциональные условия инновационного развития отечественного агропродовольственного рынка / А.В. Гятов, А.Х. Мамбетов, А.А. Шарданов // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2020. – №2. – С. 113–120.
49. Демишкевич, Г.М. Роль института сельскохозяйственного консультирования в инновационном развитии аграрного сектора экономики России в условиях интеграции / Г.М. Демишкевич, Д.А. Чепик // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – № 12. – С. 40–46.
50. Демишкевич, Г.М. Формирование и развитие системы сельскохозяйственного консультирования: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Демишкевич Галина Михайловна. – Екатеринбург, 2009. – 452 с.
51. Деревянкин, А.В. Прогнозные сценарии инновационно-технологического развития зернового производства Новосибирской области / А.В. Деревянкин, А.Ф. Захаров // АПК: Экономика, управление. – 2021. – № 8. – С. 31–36.
52. Дерунова, Е.А. Институциональное развитие инновационно-инвестиционных процессов в агропродовольственном комплексе в условиях структурной трансформации / Е.А. Дерунова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2024. – № 1. – С. 77–82.
53. Диагностика ржавчин и пятнистостей пшеницы методами компьютерного зрения / И.В. Ариничева [и др.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. – Т. 14, № 1. – С. 248–261.
54. Дмитриев, А.В. Формирование и развитие цифровых экосистем транспортно-логистического обслуживания: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Дмитриев Александр Викторович. – СПб., 2021. – 40 с.

55. Дорошенко, С.В. Предпринимательская экосистема в современных социоэкономических исследованиях / С.В. Дорошенко, А.Г. Шеломенцев // Журнал экономической теории. – 2017. – № 4. – С. 212–221.
56. Дохолян, С.В. Механизм организации мониторинга АПК региона / С.В. Дохолян, Д.Г. Эмиргамзаев // Вопросы структуризации экономики. – 2012. – № 4. – С. 63–70.
57. Дудин, М.Н. Переход к «умному сельскому хозяйству» в интересах обеспечения продовольственной безопасности России / М.Н. Дудин, С.В. Шкодинский, А.Н. Анищенко // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 8. – С. 31–40.
58. Дудченко, О.Н. Влияние научно-технического прогресса на материально-техническую базу сельскохозяйственного производства / О.Н. Дудченко // Региональная экономика: теория и практика. – 2011. – № 3 (186). – С. 37–45.
59. Жиругов, Р.Т. Сохранение плодородия почв – основа интенсификации земледелия / Р.Т. Жиругов // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 12. – С. 6–9.
60. Жукова, М.А. Формирование механизма цифровой трансформации сельского хозяйства: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Жукова Марина Александровна. – 2021. – 169 с.
61. Завиваев, Н.С. Информационное обеспечение сельского хозяйства в условиях цифровизации: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Завиваев Николай Сергеевич. – Саранск, 2022. – 26 с.
62. Задков, А.П., Инновационное развитие зернового комплекса Сибири: задачи, условия, особенности современного этапа / А.П. Задков, А.А. Быков, А.Ф. Софронов // АПК: экономика, управление. – 2023. – № 11. – С. 101–109.
63. Зюкин, Д.А. Роль цифровизации в развитии зернопродуктового подкомплекса АПК / Д.А. Зюкин, З.И. Латышева, Е.В. Скрипкина, Ю.В. Лисицына // МСХ. – 2022. – №1. – С. 94–98.
64. Ибрагимов, Т.Р. Интеллектуальный анализ данных в защите растений / Т.З. Ибрагимов // Наукосфера. – 2021. – № 11(2). – С. 82–87.

65. Ибрагимов, Т.З. Цифровая защита растений и интеллектуальный анализ фитосанитарной информации / Т.З. Ибрагимов, С.С. Санин // Защита и карантин растений. – 2019. – № 4. – С. 15–18.

66. Иванова, Е.В. Развитие интенсификации в зерновом производстве Российской Федерации: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Иванова Елена Викторовна. – М., 2010. – 24 с.

67. Ивахненко, О. Информационно-консультационная служба в аграрно-промышленном комплексе России на примере Омской области [Электронный ресурс] / О. Ивахненко, А. Лисситса // Дискуссионные материалы Института аграрного развития в странах Центральной и Восточной Европы. – 2005. – 48 с. – Режим доступа: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/28470/1/492160287.pdf> (дата обращения: 24.04.2024).

68. Индекс готовности приоритетных отраслей экономики Российской Федерации к внедрению искусственного интеллекта: аналитический доклад. – М.: Национальный центр развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации, 2023. – 68 с.

69. Индикаторы инновационной деятельности: 2024: статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 260 с.

70. Индикаторы цифровой экономики: 2022: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2023. – 332 с.

71. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 276 с.

72. Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0: докл. к XXI Агр. Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2020 г. / Н.В. Орлова, Е.В. Серова, Д.В. Николаев и др.; под ред. Н.В. Орловой; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. – 128 с.

73. Романенко, Г.А. Интенсификация производства зерна / Г.А. Романенко // Экономика сельского хозяйства. – 1987. – №7. – С. 8–18.

74. Информационно-аналитическая справка по отчёту «Международный индекс оценки эффективности государственного управления ИИ» [Электронный ресурс] // Национальный центр развития искусственного интеллекта при Правительстве РФ. – Режим доступа: https://ai.gov.ru/knowledgebase/infrastruktura-ii/2024_meghdunarodnyy_indeks_ocenki_effektivnosti_gosudarstvennogo_upravleniya_ii_ai_governance_international_evaluating_index_clai_kitayskaya_akademiya_nauk / (дата обращения: 24.04.2024).

75. Исаева, О.В. Концепция адаптации различных форм хозяйствования в сельском хозяйстве РФ к новым технологическим и мирохозяйственным укладам: монография / О.В. Исаева, Е.П. Криничная, Л.Н. Усенко; ФГБНУ ФРАНЦ. – Ростов н/Д; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2022. – 106 с.

76. Исаева, О. В. Развитие АПК России в условиях формирования нового мирохозяйственного уклада: угрозы и возможности / О.В. Исаева // Учет и статистика. – 2021. – № 2 (62). – С. 40–51.

77. Искусственный интеллект в России-2023: тренды и перспективы [Электронный ресурс] / Международная консалтинговая компания «Яков и Партнеры. – Режим доступа: <https://www.yakovpartners.ru/publications/ai-future/> (дата обращения: 24.04.2024).

78. Каленов, О.Е. Инновационная экосистема как основа развития высокотехнологичной промышленности / О.Е. Каленов // Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова. – 2020. – № 5 (113). – С. 126–133.

79. Карпунина, Е.К. Трансформация как способ развития экономической системы / Е.К. Карпунина // Вестник ТГУ. – 2011. – №4 (96). – С. 27–35.

80. Келепова, М.Е. Правовое и институциональное регулирование искусственного интеллекта на международном и национальном уровнях / М.Е. Келепова, А.В. Молодчик, М.С. Нагорная // Управление в современных системах. – 2022. – № 3 (35). – С. 68–78.

81. Кирилов, М.Н. Инновационное развитие зернового производства как основа повышения эффективности сельского хозяйства: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Кирилов Максим Николаевич. – Княгинино, 2020. – 24 с.
82. Киселев, М. В. Малые инновационные предприятия: в условиях барьерной среды / М.В. Киселев // Аккредитация в образовании. – 2015. – № 2. – С. 49–51.
83. Кислицкий, М.М. Совершенствование и развитие многофункциональной парадигмы институциональной среды отечественного АПК: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 5.2.3 / Кислицкий Михаил Михайлович. – Новосибирск, 2021. – 260 с.
84. Кит, П. Управленческая экономика. Инструментарий руководителя / П. Кит, Ф. Янг Ф. – 5-е изд.; пер. с англ. – СПб.: Питер, 2008. – 624 с.
85. Ключач, А.А. Повышение эффективности зернового хозяйства / А.А. Ключач. – М.: Колос, 1975. – 256 с.
86. Коваленко, Ю.Н. Методологические аспекты структуризации институциональной среды агропродовольственного комплекса / А.В. Коваленко, Ю.Н. Улезько // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 17, № 2(81). – С. 126–135.
87. Козлов, В.В. Институциональная среда инновационного развития сельского хозяйства / В.В. Козлов // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2019. – №6. – С. 201–221.
88. Колесников, А.В. Концепция государственного мониторинга продовольственной безопасности с использованием цифровых технологий / А.В. Колесников, А.Ф. Серков // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 11. – С. 2–11.
89. Количественная оценка влияния изменений климата на продуктивность зернового производства на юге Сибири / В.В. Алещенко [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2023. – № 10. – С. 88–98.

90. Колоскова, Ю.И. Состояние социально-трудовой сферы жителей села Красноярского края / Ю.И. Колоскова, Л.А. Якимова // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 1. – С. 202-212.
91. Кондратьев, Н. Д. Проблемы экономической динамики. Большие циклы конъюнктуры / Н. Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 1989. – 523 с.
92. Концепции Карла Поппера, Томаса Куна, Имре Лакатоша в контексте экономической парадигмы / В.М. Огороков, А.В. Шлеенко, Н.Д. Кликунов, Д.Г. Олейникова // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер.: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2023. – № 13(3). – С. 157–164.
93. Коробейников, Д.А. Модель цифровой экосистемы агропромышленного комплекса / Д.А. Коробейников // Вестник ГУУ. – 2023. – № 1. – С. 83–91.
94. Королёв, С.Ю. Государственная политика по управлению земельными ресурсами: мониторинг земель как средство информационного обеспечения / С.Ю. Королёв // Правовая политика и правовая жизнь. 2023. – № 1. – С. 37–46.
95. Костин, И.Г., Мониторинг плодородия почв с применением геоинформационных систем / И.Г. Костин, Е.С. Малышева // Плодородие. – 2020. – № 1 (112). – С. 24–28.
96. Кремнева, О.Ю. Разработка методических основ дистанционного мониторинга пшеничных агроценозов / О.Ю. Кремнева, Р.Ю. Данилов, И.И. Середа // V Всероссийский конгресс по защите растений (16–19 апреля). – СПб., 2024.
97. Кудина, О.В. Информационно-аналитическое обеспечение мониторинга экономической деятельности сельскохозяйственных предприятий: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Кудина Ольга Владимировна. – Орел, 2006. – 26 с.
98. Кузьмина, Е.С. Повышение эффективности производства зерна на основе внедрения цифровых технологий (на материалах Новосибирской области): автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05/ Кузьмина Елена Сергеевна. – Новосибирск, 2022. – 27 с.

99. Кулов, А.Р. Особенности институтов инвестиционно-инновационного развития в АПК / А.Р. Кулов, И.С. Санду // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 12. – С. 67–73.

100. Курепина, Н.Л. Мониторинг угроз экономической безопасности сельских территорий Калмыкии / Н.Л. Курепина, Н.Ц. Павлова // АПК: Экономика, управление. – 2020. – № 7. – С. 79–88.

101. Леонова, Е.И. Эффективность программ инновационного развития зернового производства региона: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Леонова Елена Ивановна. – М., 2010. – 23 с.

102. Лупян, Е.А. Современные возможности и тенденции развития информационных систем дистанционного мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов / Е.А. Лупян, С.А. Барталев // Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве» (26–28 сентября). – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. – С. 11–18.

103. Львов, Д. С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП / Д.С. Львов, С.Ю. Глазьев // Экономика и математические методы. – 1986. – № 5. – С. 793–804.

104. Макаров, Н.Ю. Управление инновационным развитием высокотехнологичного производства на основе экосистемного подхода: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Макаров Николай Юрьевич. – Курск, 2021. – 192 с.

105. Малыгин, А.А. Формирование системы мониторинга риска развития зернового производства на основе цифровой трансформации / А.А. Малыгин // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2020. – № 4 (64). – С. 35–40.

106. Манжосова, И.Б. Формирование стратегии модернизации сельского хозяйства в условиях цифровой экономики: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Манжосова Инна Борисовна. – Ставрополь, 2019. – 436 с.

107. Манжосова, И.Б. Модернизация сельского хозяйства в условиях цифровой экономики: анализ проблем и поиск решений: монография / И.Б. Манжосова. – Ставрополь: СЕКВОЙЯ, 2018. – 156 с.
108. Маркс, К. К критике политической экономии // К. Маркс, Ф. Энгельс; Собр. соч. – 2-е изд. – М.: Политиздат, 1959. – Т. 13. – 771 с.
109. Меденников, В.И. Цифровая экосистема АПК: научный подход / В.И. Меденников // МСХ. – 2022. – № 2. – С. 116–119.
110. Менш, Г. Технологический пат. Инновации преодолевают депрессию / Г. Менш. – Франкфурт н/М, 1975.
111. Меренкова, И.Н. Теоретико-методические аспекты мониторинга экономического пространства сельских территорий / И.Н. Меренкова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 17, № 2 (81). – С. 149–158.
112. Мирошниченко, Т.А. Мониторинг эффективности регионального управления развитием сельских территорий / Т.А. Мирошниченко // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 6. – С. 100–108.
113. Митрофанова, Е.А. Экосистемный подход для трансформации управления человеческими ресурсами / Е.А. Митрофанова // Лидерство и менеджмент. – 2022. – Т 9, № 1. – С. 201–218.
114. Модели на основе искусственного интеллекта для цифровой диагностики болезней зерновых культур (на примере *Pyrenophora teres* озимого ячменя) / И.В. Ариничев [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2024. – № 1. – С. 67–71.
115. Мониторинг общественного мнения по вопросам искусственного интеллекта за I квартал 2024 года [Электронный ресурс] // Национальный центр развития искусственного интеллекта при Правительстве РФ. – Режим доступа: <https://ai.gov.ru/knowledgebase/?section=11> (дата обращения: 24.04.2024).
116. Морщанина, Н.И. Экосистемность как глобальный тренд на рынке недвижимости / Н.И. Морщанина // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – Т. 11, № 7. – С. 1745–1758.

117. Наседкина, Т.И. Цифровизация в системе управления предприятиями аграрной сферы / Т.И. Наседкина, А.И. Черных // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 9. – С. 73–82.

118. Наседкина, Т.И. Методология аналитического обоснования развития сельского хозяйства на базе статистического мониторинга: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Наседкина Татьяна Ивановна. – М., 2011. – 357 с.

119. Наука. Технологии. Инновации: 2024: краткий статистический сборник / В.В. Власова, Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 104 с.

120. Научно обоснованный прогноз развития точного земледелия в России / Е.В. Рудой [и др.]. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – 138 с.

121. Нейфельд, О.П. Механизм мониторинга как инструмент управления аграрной сферой региона: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Нейфельд Олег Петрович. – Екатеринбург, 2017. – 188 с.

122. Нечаев, В.И. Экономические проблемы повышения эффективности селекции и семеноводства зерновых культур / В.И. Нечаев, А.И. Алтухова, В.В. Моисеев. – СПб.: Лань, 2010. – 432 с.

123. Николаева, И.П. Информационно-консультационная деятельность как часть системы инфраструктуры продовольственного рынка / И.В. Николаева // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2016. – № 32. – С. 103–108.

124. Оборин, М.С. Институциональное обеспечение технологического развития АПК региона / М.С. Оборин // АПК: Экономика, управление. – 2021. – № 12. – С. 60–68.

125. Оборин, М.С. Цифровые технологии как фактор обеспечения конкурентоспособности предприятий агропромышленного комплекса / М.С. Оборин // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 9 (148). – С. 73–82.

126. Организация инновационной деятельности в аграрном производстве: учебник для студентов вузов / под ред. В.И. Нечаева. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2012. – 402 с.

127. Осипов, В.С. Переход к цифровому сельскому хозяйству: предпосылки, дорожная карта и возможные следствия / В.С. Осипов, А.В. Боговиз // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 10. – С. 11–15.

128. Осипов, Ю.М. Цифровая платформа как институт эпохи технологического прорыва / Ю.М. Осипов, Т.Н. Юдина, И.З. Гелисханов // Экономические стратегии. – 2018. – Т. 20, № 5. – С. 22–29.

129. Отчет о выполнении государственного задания на проведение информационного обеспечения в рамках государственной аграрной политики по теме: «Мониторинг кадровой обеспеченности агропромышленного комплекса и предоставления консультационных услуг в сфере АПК» (вместе с приложениями) / Г.М. Демишкевич, А.В. Олонцев, А.А. Прохорова. – М., 2021. – 61 с.

130. Отчет по мониторингу предоставления консультационной помощи сельскохозяйственным товаропроизводителям и сельскому населению в Российской Федерации в 2016 году [Электронный ресурс] / Аналитические материалы Федерального центра сельскохозяйственного консультирования ФГБОУ ДПО «Российская академия кадрового обеспечения АПК». – Режим доступа: <http://mcx-consult.ru/otchety-ob-okazanii-konsultatsionnoy-pomoshchi-selskokhozyaystvennym-tovaroproduzvitelyam-i-selskomu-naseleniyu-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 24.04.2024).

131. Передовые интеллектуальные решения в сельском хозяйстве: экспертно-аналитический доклад [Электронный ресурс] / Е.Д. Волкова, Л.Р. Гимадинова, К.Т. Еременко [и др.]; Центр стратегических разработок «Северо-Запад» и Фонд поддержки инноваций и молодежных инициатив Санкт-Петербурга. – 2023. – Режим доступа: https://static.agriecommission.com/uploads/Agricultural%20report_2023.pdf (дата обращения: 24.11.2024).

132. Перес, К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания / К. Перес; пер. с англ. Ф.В. Маевского. – М.: Дело АНХ, 2011. – 232 с.

133. Петрова, И.Ф. Инновационно-инвестиционный путь развития зернового хозяйства – основа повышения его эффективности и устойчивости / И.Ф. Петрова, И.В. Свешникова // Экономика сельского хозяйства России. – 2016. – № 7. – С. 25–31.

134. Петухова, М.С. Концептуальная модель цифровой экосистемы в агропромышленном комплексе региона / М.С. Петухова, А.В. Кокорин // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 5. – С. 13–21.

135. Петухова, М.С. Долгосрочное прогнозирование научно-технологического развития зернового производства России: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Петухова Марина Сергеевна. – Новосибирск, 2021. – 244 с.

136. Печоник, О.И. Влияние норм ВТО на возможности перехода АПК на новый технологический уклад (на примере Курганской области) / О.И. Печоник // Проблемы прогнозирования. – 2014. – № 4 (145). – С. 108–112.

137. Пилюгин, В.В. Повышение эффективности производства зерна на основе инновационных мер (на материалах Курской области): автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Пилюгин Владимир Валентинович. – Курск, 2006. – 20 с.

138. Платформенная экономика в России: потенциал развития: аналитический доклад / Г.И. Абдрахманова, Л.М. Гохберг, А.В. Демьянова и др.; под ред. Л.М. Гохберга, Б.М. Глазкова, П.Б. Рудника, Г.И. Абдрахмановой; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2023. – 72 с.

139. Полторыхина, С.В. Институциональные преобразования инновационных подсистем в АПК региона: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Полторыхина Светлана Валерьевна. – Мичуринск, 2024. – 44 с.

140. Полунин, Г.А. Инновационная модель мониторинга оптимальной отдачи сельскохозяйственных угодий / Г. А. Полунин // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 7. – С. 60–65.

141. Попкова, Е.Г. Методологические подходы повышения эффективности агропромышленного комплекса на базе технологий индустрии 4.0 / Е.Г. Попкова, А.В. Боговиз // АПК: Экономика, управление. – 2018. – № 10. – С. 28–33.

142. Попова, Л.В. Экосистема цифровой экономики малого агробизнеса / Л.В. Попова, М.С. Лата // Региональная экономика. Юг России. – 2021. – Т. 9, № 2. – С. 141–151.

143. Потоцкая, Л.Н. Исследование концептуальных основ механизма сельскохозяйственного землепользования в условиях цифровизации экономики / Л.Н. Потоцкая // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 10. – С. 60–67.

144. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов, В.И. Набоков, К.В. Некрасов, Е.Г. Скворцова, М.И. Кротов // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 8 (187). – С. 91–98.

145. Провидонова, Н.В. Организационно-экономический механизм инновационного технико-технологического развития зернового производства (на примере Саратовской области): автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05/ Провидонова Наталья Владимировна. – Саратов, 2022. – 22 с.

146. Пролубников, А.В. Развитие государственно-частного партнерства: экосистемный подход / А.В. Пролубников // Известия СПбГЭУ. – 2020. – № 4 (124). – С. 63–68.

147. Рада, А.О. Организационно-экономический механизм внедрения цифровых технологий на предприятиях сельского хозяйства (на материалах Кемеровской области–Кузбасса): дис. ... канд. экон. наук: 08.00.08 / Рада Артем Олегович. – Новосибирск, 2020. – 236 с.

148. Развитие инновационной деятельности в растениеводстве / В.И. Нечаев, А.И. Алтухов, А.М. Медведев и др.; под ред. В.И. Нечаева. – М.: КолосС, 2010. – 271 с.

149. Райзберг, Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М, 2017. – 512 с.

150. Распознавание болезней риса с помощью современных методов компьютерного зрения / И.В. Ариничева [и др.] // Аграрная наука. – 2021. – № 3. – С. 90–94.

151. Резолюция ООН. Использование возможностей безопасных, защищенных и надежных систем ИИ для устойчивого развития [Электронный ресурс] // Цифровая библиотека ООН. – Режим доступа: <https://digitallibrary.un.org/record/4040897?v=pdf> (дата обращения: 17.02.2024)

152. Рекомендация об этических аспектах искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Цифровая библиотека ЮНЕСКО. – Режим доступа: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455_rus (дата обращения: 24.04.2024).

153. Роднянский, Д.В. Экосистема отраслевого управления как концептуальный подход к реализации коллективных стратегий (на примере нефтяных компаний): автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 5.2.6 / Роднянский Дмитрий Владимирович. – Казань, 2023. – 55 с.

154. Рожков, В.А. Опыт разработки национальной системы оценки пригодности земель / В.А. Рожков // Бюл. Почв. ин-та. – 2014. – № 76. – С. 33–51.

155. Розин, В.М. От программы обоснования науки к ее исследованию и методологии науки / В.М. Розин // Философия науки и техники. – 2021. – Т. 26, № 1. – С. 91–106.

156. Розин, В.М. Переход от методологии науки к методологии деятельности [Электронный ресурс] / В.М. Розин // Новая философская энциклопедия. – Режим доступа: <https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASH01e202fe7b591ef6cabae3e1> (дата обращения: 16.03.2024)

157. Российская Федерация. Министерство сельского хозяйства. Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения (с изменениями на 2 марта 2023 г.): Приказ министерства сельского хозяйства от 24 декабря 2015 г. № 664 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_195686/ (дата обращения: 24.11.2024).

158. Российская Федерация. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций. Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация»: Приказ от 18 ноября 2020 г. № 600 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372437/ (дата обращения: 24.11.2024).

159. Российская Федерация. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» [Электронный ресурс] // Министерство [Офиц. сайт]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/> (дата обращения: 24.11.2024).

160. Российская Федерация. Правительство. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 10 августа 2019 г. № 1796-р [Электронный ресурс] // Правительство РФ [Офиц. сайт]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/37668/> (дата обращения: 24.11.2024).

161. Российская Федерация. Правительство. О порядке ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения (вместе с «Правилами ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения»: Постановление Правительства РФ от 2 февраля 2023 г. № 154 [Электронный ресурс] – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_439084/ (дата обращения: 24.11.2024).

162. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы: Постановление Правительства Рос. Федерации от 25 августа 2018 г. № 996 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 24.11.2024).

163. Российская Федерация. Правительство. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс] // Правительство РФ [Офиц. сайт]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 24.11.2024).

164. Российская Федерация. Правительство. Российская Федерация. Правительство. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 [Электронный ресурс] // Правительство РФ [Офиц. сайт]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/83508/> (дата обращения: 24.11.2024).

165. Российская Федерация. Правительство. Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 ноября 2023 г. № 3309-р [Электронный ресурс] // Правительство РФ [Офиц. сайт]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/vepsdSF4HAvOczziSpat234AqZVYrZ9t.pdf> (дата обращения: 24.11.2024).

166. Российская Федерация. Президент. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 [Электронный ресурс] // Совет Безопасности РФ [Офиц. сайт]. – Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/security/economic/document108/> (дата обращения: 24.11.2024).

167. Российская Федерация. Президент. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 [Электронный ресурс] // Президент Российской Федерации [Офиц. сайт]. – Режим доступа: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/АН4x6HgKWANwVtMOfPDhcbRpvd1HCCsv.pdf> (дата обращения: 24.04.2024).

168. Рудой, Е.В. Научно-технологическое развитие зернового производства России: комплексная оценка, проблемы и пути решения / Е.В. Рудой, М.С. Петухова // АПК: Экономика, управление. – 2021. – № 6. – С. 71–79.

169. Рысьмятов, А.З. Институциональные проблемы развития АПК / А.З. Рысьмятов, В.З. Моисеев, С.З. Дьяков, А.З. Погибелев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2005. – № 3. – С. 17–19.

170. Савицкая, О.В. Методы спутникового мониторинга оценки состояния и продуктивности посевов зерновых культур: автореф. дис. ... канд. геогр. наук 25.00.30 / Савицкая Ольга Владимировна. – Обнинск, 2016. – 30 с.

171. Самохвалов, Д. М. Состояние процесса цифровизации в сельском хозяйстве и на сельских территориях / Д.М. Самохвалов, С.А. Суслов // Вестник НГИЭИ. – 2024. – № 5 (156). – С. 110–122.

172. Санду, И.С. Государственная поддержка цифровой трансформации сельского хозяйства региона: методический подход / И.С. Санду, В.И. Нечаев, И.П. Войку // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 12. – С. 66–70.

173. Санду, И. С. Цифровизация как инструмент инновационного развития АПК / И. С. Санду, Н. Е. Рыженкова, В. Е. Афолина, А. И. Доцанова // АПК: Экономика, управление. – 2018. – № 8. – С. 12–18.

174. Санин, С. С. Биологические, агроэкологические и экономические аспекты фитосанитарного мониторинга / С.С. Санин, А.А. Макаров // Вестник защиты растений. – 1999. – №1. – С. 62–66.

175. Санин, С.С. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации / С.С. Санин, Л.Н. Назарова // Защита и карантин растений. – 2010. – № 2. – С. 2–19.

176. Санникова, Т.Д. Институциональные и ресурсные ограничения на пути решения задачи перехода к цифровой экономике / Т.Д. Санникова // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 633–646.

177. Сафронов, Н.С. Инновационное развитие зернового производства (на материалах Владимирской области): автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Сафронов Николай Степанович. – М., 2012. – 23 с.
178. Сахарова, Е.Ю. Спутниковый мониторинг состояния посевов зерновых культур с использованием индекса вегетации / Е.Ю. Сахарова, Л.А. Сладких, Е.Н. Кулик // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – №1. – С. 47–52.
179. Сельское хозяйство России. 2023: статистический сборник. – М.: Росстат, 2023. – 103 с.
180. Семенова, Н.Н. Факторы, влияющие на инновационное развитие аграрного сектора экономики России / Н.Н. Семенова, И.А. Сундикова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – № 6. – С.19–23.
181. Сёмин, А.Н. Анализ исследований в области применения систем искусственного интеллекта при борьбе с сорняками / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 8. – С. 49–54.
182. Сёмин, А.Н. Цели и задачи управления процессом внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов // АПК: Экономика, управление. – 2024. – № 4. – С. 30–36.
183. Сивоконева, П.С. Перспективы и риски принятия цифрового кодекса / П.С. Сивоконева, В.Д. Гаврилова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 9-5 (96). – С. 196–199.
184. Сидоров, В.А. Цифровая трансформация: технологическая революция в инновационных решениях / В.А. Сидоров // Экономическое развитие России: вызовы и возможности в меняющемся мире: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (24–27 января 2023 г.). – Краснодар: КубГУ, 2023. – С. 297–301.
185. Скачкова, А.П. Оценка и мониторинг эколого-экономической безопасности продовольственного рынка: на материалах Волгоградской области: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Скачкова Анна Петровна. – Ставрополь, 2010. – 163 с.

186. Скрипкин, К.Г. Парадокс производительности и человеческий капитал / К.Г. Скрипкин, М.А. Тесленко // Региональное развитие: стратегии и человеческий капитал: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. – Екатеринбург, 2014. – Т. 1. – С. 241–251.

187. Сладких, Л.А. Мониторинг посевов зерновых культур юга Западной Сибири по данным спутниковых наблюдений / Л.А. Сладких, Е.Н. Кулик, Е.Ю. Сахарова // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы Междунар. науч. конф. / науч. ред. Е.А. Ваганов; отв. за вып. А.В. Машукова. – Красноярск: Сиб. федерал. ун-т, 2014. – С. 329–333.

188. Созинов, В.А. Исследование систем управления: учеб. пособие / В.А. Созинов. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004. – 292 с.

189. Стенкина, М.В. Проблемы информационного обеспечения аграрно-экономических исследований в условиях цифровой экономики / М.В. Стенкина // Аграрная экономическая наука: истоки, состояние, задачи на будущее. – Никоновские чтения. – 2018. – С. 281–283 с.

190. Стукова, Ю.Е. Мониторинг эффективности и устойчивого развития АПК региона: по материалам сельскохозяйственных предприятий Иркутской области: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Стукова Юлия Евгеньевна. – Краснодар, 2008. – 25 с.

191. Субаева, А.К. Барьеры цифровизации АПК / А.К. Субаева, Ф.Н. Мухаметгалиев, М.М. Хисматуллин // Актуальные проблемы государственного и муниципального управления в условиях цифровой трансформации экономики: научные труды II Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию Казанского ГАУ (25–26 января, 2022 г). – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 372–378.

192. Субаева, А.К. Техничко-технологическое перевооружение сельского хозяйства в условиях цифровой трансформации: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Субаева Асия Камилевна. – М., 2022. – 376 с.

193. Тамбиева, Д.А. Цифровые экосистемы в сельском хозяйстве / Д.А. Тамбиева // ИПЭФ. – 2021. – № 1. – С.1–6.

194. Темников, В.Н. Информационная оценка плодородия почв / В.Н. Темников // Нива Поволжья. – 2011. – №1. – С. 63–67.

195. Технические системы цифрового контроля качества обработки почвы / Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Коротченя В.М. [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – № 14(1). – С.16–21.

196. Тимакова, Р.Т. Цифровые технологии: новые подходы в прослеживаемости зерновых потоков в России [Электронный ресурс] / Р.Т. Тимакова// Цифровые модели и решения. –2023. – Т. 2, №1. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-novye-podhody-k-proslezhivaemosti-zernovyh-potokov-v-rossii> (дата обращения: 23.08.2024).

197. Точное сельское хозяйство: учебник для вузов / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А.А. Тенеков [и др.] ; под ред. Е.В. Труфляка. – 4-е изд., стер. – СПб: Лань, 2024. – 512 с.

198. Трубилин, А.И. Эколого-экономическая эффективность и устойчивость производства зерна / А.И. Трубилин, Л.В. Бондаренко. – Краснодар: КубГАУ, 2002. – 648 с.

199. Трубилин, А.И. Эффективность производства высококачественного зерна озимой пшеницы в Краснодарском крае / А.И. Трубилин, Л.В. Бондаренко. – Краснодар: КубГАУ, 2001. – 239 с.

200. Трубицын, Н. В. Мониторинг сельскохозяйственных посевов с помощью беспилотных летательных аппаратов / Н.В. Трубицын, В.Е. Таркинский, М.А. Белик // Евразийский союз ученых. – 2018. – № 11-2 (56). – С. 26–31.

201. Труфляк, Е.В. Топ самых востребованных цифровых решений в агробизнесе [Электронный ресурс] / Е.В. Труфляк // ЮгАГРО-2023 (23.11.2023). – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=9ZQ582NsmBw> (дата обращения: 24.11.2024).

202. Тупицына, Е.В. Развитие инновационных процессов в зерновом производстве: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Тупицына Елена Викторовна. – М., 2011. – 19 с.

203. Уколова, Н.В. Институциональная среда в системе методов регулирования органического растениеводства с учетом экологического аспекта / Н.В. Уколова, Л.Н. Потоцкая // АПК: Экономика, управление. – 2024. – № 7. – С. 37–45.

204. Уколова, Н.В. Методические положения по инновационному развитию зернового производства в условиях цифровизации сельского хозяйства / Н.В. Уколова, Д.И. Фомин // АПК: Экономика, управление. – 2024. – № 1. – С. 34–40.

205. Улезько, А.В. Трансформационные эффекты перехода к цифровой экономике / А.В. Улезько, М.А. Жукова, В.В. Реймер // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 2. – С. 14–21.

206. Усенко, Л.Н. Государственный мониторинг экономических отношений в условиях цифровой экономики / Л.Н. Усенко, О.А. Холодов // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 4. – С. 19–24.

207. Ушачев, И.Г. Развитие цифровых технологий в сельском хозяйстве как составная часть аграрной политики / И.Г. Ушачев, А.В. Колесников // АПК: Экономика, управление. – 2020. – № 10. – С. 4–16.

208. Ушачев, И.Г. Выбор инновационного пути развития АПК – объективная необходимость / И.Г. Ушачев // Экономика сельского хозяйства России. – 2011. – № 9. – С. 10–16.

209. Ушачев, И.Г. Развитие инноваций – важнейшая составляющая аграрной политики России / И.Г. Ушачев, А.В. Колесников, В.С. Чекалин // АПК: Экономика, управление. – 2019. – № 5. – С. 22–31.

210. Федорчук, С.П. Экономика производства зерна и продуктов животноводства / С.П. Федорчук, А.И. Трубилин. – Краснодар: КГАУ, 1999. – 309 с.

211. Феофилова, Т.Ю. Анализ институционального обеспечения цифровизации государственной политики региона / Ю.А. Маркова, Е.В. Радыгин // Управленческий учет. – 2023. – № 4. – С. 159–166.

212. Филимонов, И. В. Экосистема цифровой экономики: проблемы предметной идентификации / И.В. Филимонов // Инновации и инвестиции. –2020. – № 6. – С. 51–58.

213. Флек, М.Б. Профессионально-образовательный кластер как экосистема: развитие в условиях цифровой трансформации / М.Б. Флек, Е.А. Угнич // JER. – 2018. – № 4. – С. 146–159.

214. Харитонов, В.А. Инструменты формирования цифрового сельского хозяйства в контексте развития системы управления продовольственным обеспечением [Электронный ресурс] / В.А. Харитонов // E-Scio. – 2021. – №9 (60). – С. 263–269. – Режим доступа: https://e-scio.ru/wp-content/uploads/2021/11/E-SCIO-9_2021.pdf (дата обращения: 24.11.2024).

215. Хлынов, С.А. Алгоритм принятия управленческих решений в посреднической организации / С.А. Хлынов // Статистика и Экономика. – 2014. – № 3. – С. 97–100.

216. Хмелев, Д.В. Институциональная среда и институты цифрового развития сельского хозяйства / Д. В. Хмелев, А.В. Улезько // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16, № 1(76). – С. 177–184.

217. Хмелев, Д.В. Цифровая трансформация системы аграрного производства: сущность и этапы инициации / Д.В. Хмелев, А.В. Улезько, В.В. Реймер // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 7. – С. 78–82.

218. Хоружий, Л.И. Информационно-аналитические инструменты мониторинга экологической безопасности организаций АПК / Л.И. Хоружий, Ю.Н. Катков, А.А. Романова, Е.А. Каткова, М.К. Джикия // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 11. – С. 104–109.

219. Худякова, Е.В. Совершенствование управления предприятием АПК на основе разработки и использования информационно–аналитической системы поддержки принятия решений / Е.В. Худякова, А.А. Саввин // Известия Международной академии аграрного образования. – 2017. – № 36. – С. 48–53.

220. Цифровая трансформация и защита прав граждан в цифровом пространстве [Электронный ресурс] // Совет при Президенте Рос. Федерации по развитию гражданского общества и правам человека. – Режим доступа: https://www.president-sovet.ru/presscenter/news/spch_podgotovil_doklad_o_polozenii_del_s_pravami_i_svbodami_cheloveka_i_grazhdanina_v_tsifrovom_pr/ (дата обращения: 24.04.2024).

221. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / Л.М. Гохберг, П.Б. Рудник, К.О. Вишневский [и др.]; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 239 с.

222. Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский [и др.]; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. – 221 с.

223. Цифровая экономика: 2023: краткий статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВШЭ, 2023. – 120 с.

224. Цифровой мониторинг показателей агрофитоценозов на основе беспилотных технологий / О.А. Оленин, С.Н. Зудилин, С.Н. Шевченко [и др.] // Плодородие. – 2019. – № 5 (110). – С. 56–60.

225. Цифровые инновации в управлении производством зерна / И.В. Ариничев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (108). – С. 107–112.

226. Шагайда, Н.И. Продовольственная безопасность в России: мониторинг, тенденции и угрозы / Н.И. Шагайда, В.Я. Узун. – М.: Дело РАНХиГС, 2015. – 110 с.

227. Шарипов, С.А. Кадровый потенциал как институциональный фактор инновационного развития регионального АПК / С.А. Шарипов, Н.Л. Титов, Г.А. Харисов // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 7. – С. 41–47.

228. Шарипов, С.А. Формирование институциональной среды инновационного развития АПК / С.А. Шарипов, Г.А. Харисов, П.А. Колпаков // Экономика сельского хозяйства России. – 2013. – № 6. – С. 059–070.

229. Швырев, В.С. Методология [Электронный ресурс] / В.С. Швырев // Электронная библиотека Института философии РАН. – Режим доступа: <https://iphlib.ru/library> (дата обращения: 24.03.2024).

230. Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Ч. 6: Экологическая агрохимия: учеб. пособие / А.Х. Шеуджен, Н.И. Аканова, Т.Н. Бондарева. – Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2018. – 575 с.

231. Шеуджен, З.Р. Актуализация агроэкологической оценки почв Азово-Кубанской низменности с применением ГИС-технологий: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.02.13 / Шеуджен Заира Руслановна. – Краснодар, 2020. – 175 с.

232. Шилова, Н.В. Эффективность применения инноваций в зерновом подкомплексе Нижегородской области / Н.В. Шилова, И.И. Безаев, Л.Н. Ирхина, Л.А. Кистанова // Экономика сельского хозяйства России. – 2016. – № 2. – С. 37–42.

233. Шкодинский, С.В. Особенности функционирования искусственного интеллекта в условиях современных институциональных изменений / С.В. Шкодинский, Д.М. Надысева // Креативная экономика. – 2020. – Т. 14, № 10. – С. 2243–2252.

234. Шумпетер, Й. Экономические циклы / Й. Шумпетер. – М.: Неон, 1996. – 768 с.

235. Эпштейн, Д.Б. Научные основы поддержки цифровой трансформации в условиях информационной асимметрии / Д.Б. Эпштейн // АПК: Экономика, управление. – 2023. – № 7. – С. 36–44.

236. Эффективные отечественные практики на базе технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве: аналитический отчет

[Электронный ресурс] / А. Сидорюк [и др.] // АНО «Цифровая экономика» [Официальный сайт]. – Режим доступа: <https://d-economy.ru/analitic/jeffektivnye-otchestvennyye-praktiki-na-baze-tehnologij-iskusstvennogo-intellekta-v-selskom-hozjajstve/> (дата обращения: 24.11.2024).

237. Якимова, Л.А. Оценка ситуации в социально-трудовой сфере села и социально-психологический климат в деревне / Л.А. Якимова // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 12. – С. 47–51.

238. Янишевская, Н.А. Применение технологий компьютерного зрения для разработки модели распознавания поражения культурных растений / Н.А. Янишевская, И.П. Болодурина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – Сер.: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 5–13.

239. A comparative study of fine-tuning deep learning models for plant disease identification / E.C. Too [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. – 2005. – № 161. – P. 272–279.

240. A novel, portable and fast moisture content measuring method for grains based on an Ultra-Wideband (UWB) radar module and the mode matching method [Электронный ресурс] / C. Zhang, Z. Shi, H. Yang [et al.] // Sensors. – 2019. – № 19. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/19/4224> (дата обращения: 24.11.2024).

241. AI Governance International Evaluation Index (AGILE Index) [Электронный ресурс] / Center for Long-term Artificial Intelligence (CLAI), International Research Center for AI Ethics and Governance, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. – Режим доступа: <https://agile-index.ai/> (дата обращения: 24.04.2024).

242. An in-field automatic wheat disease diagnosis system / J. Lu [et al.] // Computers and electronics in agriculture. – 2017. – Vol. 142. – pp. 369–379.

243. Arinichev, I.V. A neural-network-based approach to multiple wheat diseases recognition / I.V. Arinichev [et al.] // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. – 2022. – Vol. 22, No. 1. – P. 106–115.

244. Arinichev, I.V. Digital solutions in the system of intelligent crop monitoring / I.V. Arinichev, V.A. Sidorov, I.V. Arinicheva // II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023). – 2023. – Vol. 71.

245. Arinicheva, I.V. Machine learning in solving problems of producing the most important bread cereals in Kuban / I.V. Arinichev, I.V. Arinicheva, G.I. Foshchan // Digital technologies in agriculture of the Russian Federation and the world community: AIP Conf. Proc. – 2022. – Vol. 2661 – Режим доступа: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2661/1/090001/2831813/Machine-learning-in-solving-problems-of-producing?redirectedFrom=fulltext> (дата обращения: 24.04.2024).

246. Artificial Intelligence Index Report 2024 [Электронный ресурс] AI Index and Stanford HAI. – Режим доступа: <https://aiindex.stanford.edu/report/> (дата обращения: 24.04.2024).

247. Autoencoders for semantic segmentation of rice fungal diseases / S. Polyanskikh [et al.] // Agronomy Research. – 2021. – № 19(2). – P. 574–585.

248. Automated identification of northern leaf blight-Infected maize plants from field imagery using deep learning / C. DeChant [et al.] // Phytopathology. - 2017. - №107(11) – pp. 1426-1432.

249. Basso, B. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems / B. Basso, J. Antle // Nat Sustain. – 2020. – №3, pp. 254–256.

250. Brown, R. Increasing «The vital 6 percent»: Designing effective public policy to support high growth firms / R. Brown, C. Mason, S. Mawson // Nesta Working Paper. – 2014. – № 14/01.

251. Computer Vision Framework for Wheat Disease Identification and Classification Using Jetson GPU Infrastructure / T. Aboneh, [et al.] // Technologies. – 2021. – № 9(3). – P. 1–18.

252. Convolutional neural networks for the automatic identification of plant diseases / J. Boulent [et al.] // Front. Plant Sci. – 2019. – №10(941).

253. Crop conditional convolutional neural networks for massive multi-crop plant disease classification over cell phone acquired images taken on real field conditions [Электронный ресурс] / A. Picon [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Vol. 167. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169919309329> (дата обращения: 24.11.2024).

254. Danilov, R.Y. Identification of the spectral patterns of cultivated plants and weeds: hyperspectral vegetation indices [Электронный ресурс] / R.Y. Danilov, O.Y. Kremneva, A.A. Pachkin // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, № 3. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/3/859> (дата обращения: 12.04.2024).

255. Deep convolutional neural networks for mobile capture device-based crop disease classification in the wild / A. Picon [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Vol. 161. – P. 280–290.

256. Deep learning for plant diseases: detection and saliency map visualization / M. Brahimi [et al.] // Human and Machine Learning. – 2018. – P. 93–117.

257. Estimation of Fusarium Head Blight Severity Based on Transfer Learning [Электронный ресурс] / C. Gao [et al.] // Agronomy. – 2022. – № 12. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705092030702X> (дата обращения: 24.11.2024).

258. FAO. 2022. The State of Food and Agriculture 2022. Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9479en>

259. Feasibility of satellite and drone images for monitoring soil residue cover / Z. Kavoosi, M.H. Raoufat, M. Dehghani [et al.] // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2020. – Vol. 19, № 1. – P. 56–64.

260. Ferentinos, K.P. Deep learning models for plant disease detection and diagnosis / K.P. Ferentinos // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – № 145. – P. 311–318.

261. Ghosal, S. Rice leaf diseases classification using CNN with transfer learning / S. Ghosal, K. Sarkar // Proceedings of 2020 IEEE Calcutta Conference. – 2020. – pp. 230–235.

262. Hansen, M. Leading the implementation of ICT innovations / M. Hansen, I. Norup // Public administration review. – 2017. – № 77. – P. 851–860.

263. Identification of rice diseases using deep convolutional neural networks / Y. Lu [et al.] // Neurocomputing. – 2017. – Vol. 267. – P. 378–384.

264. IoT-based agriculture management techniques for sustainable farming: A comprehensive review / H. Singh [et al.] // Computers and electronics in agriculture. 2022. – Vol. 220.

265. Juglar, C. Des Crises Commerciales Et De Leur Retour Periodique En France / C. Juglar. – Paris, 1862.

266. Kitchin, J. Cycles and Trends in Economic Factors / J. Kitchin // Review of Economics and Statistics : journal. – 1923. – Vol. 5, no. 1. – P. 10–16.

267. Kuznets, S. Secular Movements in Production and Prices. Their Nature and their Bearing upon Cyclical Fluctuations / S. Kuznets. – Boston: Houghton Mifflin, 1930.

268. Leaf and spike wheat disease detection and classification using an improved deep convolutional architecture / L. Goyal [et al.] // Informatics in Medicine Unlocked Volume. – 2021. – № 25. – 9 p.

269. Mishra, S. Deep convolutional neural network-based detection system for real-time corn plant disease recognition / S. Mishra, R. Sachan, D. Rajpal // Procedia Computer Science. – 2020. – № 167. – P. 2003–2010.

270. Mohanty, S.P. Using deep learning for image-based plant disease detection / S.P. Mohanty, D.P. Hughes, M. Salathe // Detection. Front. Plant Sci. – 2016. №7(1419).

271. Moore, J.F. The death of competition: leadership and strategy in the age of business ecosystems / J.F. Moore. – New York, NY: Harper Business, 1997. – 320 p.

272. Navigating privacy and copyright challenges across the data lifecycle of generative AI [Электронный ресурс] / D. Zhang [et al.] // arXiv. – 2024. – Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/2311.18252v2> (дата обращения: 24.04.2024).

273. Oerke, E. C. Crop losses to pests / E.C. Oerke // The journal of agricultural science. – 2006. – № 144 (1). – P. 31–43.

274. One-shot learning with triplet loss for vegetation classification tasks / A.V. Uzhinskiy [et al.] // Computer Optics. – 2021. – № 45(4). – P. 608–614.

275. Prause, L. Digital agriculture and labor: a few challenges for social sustainability [Электронный ресурс] / L. Prause // Sustainability. – 2021. – Vol. 13. Iss. 11. – Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/5980> (дата обращения: 25.07.2024).

276. Purbasari, I.Y. Detection of rice plant diseases using convolutional neural network [Электронный ресурс] / I.Y. Purbasari, B. Rahmat, C.S. Putra // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2024. – Vol. 1320. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/journal/1757-899X> (дата обращения: 24.11.2024).

277. Research on maize disease identification methods in complex environments based on cascade networks and two-stage transfer learning [Электронный ресурс] / H. Liu [et al.] / Sci. Rep. – 2022. – №12(1). – Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-23484-3#citeas> (дата обращения: 24.11.2024).

278. Rice fungal diseases recognition using modern computer vision techniques / I.V. Arinichev [et al.] // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. – 2021. – Vol. 21, No. 1. – P. 1–11.

279. Rice leaf disease classification using CNN [Электронный ресурс] / P. Tejaswini [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1032. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/1032/1> (дата обращения: 24.11.2024).

280. Samuelson, P. Generative AI meets copyright / P. Samuelson // Science. – 2023. – № 381. – С. 158–161.

281. Subaeva, A. K. Labor productivity in digital agriculture / A. K. Subaeva, M.M. Nizamutdinov, L.M. Mavlieva [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2020. – Vol. 17.

282. Syarief, M. Convolutional neural network for maize leaf disease image classification / M. Syarief, W. Setiawan // Telecommunication, Computing, Electronics and Control. – 2020. – Vol. 18, № 3. – P. 1376–1381.

283. Taha, V.A. The impact of organizational culture on creativity and innovation / V.A. Taha, M. Sirkova, M. Ferencova // Polish journal of management studies. – 2016. – № 14. – P. 7–17.

284. The global burden of pathogens and pests on major food crops / S. Savary, L. Willocquet, S.J. Pethybridge [et al.] // Nature ecology and evolution. 2019. – № 3. – pp. 430–439.

285. The relation among organizational culture, knowledge management, and innovation capability: its implication for open innovation [Электронный ресурс] / L. Lam, P. Nguyen, N. Le [et al.] // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2021. – № 7(1). – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2199-8531/7/1/66> (дата обращения: 24.04.2024).

286. Türk, A. Digital leadership role in developing business strategy suitable for digital transformation [Электронный ресурс] / A. Türk // Front. Psychol. – 2023. – Vol. 13. – Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.1066180/full> (дата обращения: 24.04.2024).

287. Using a mobile device «App» and proximal remote sensing technologies to assess soil cover fractions on agricultural fields [Электронный ресурс] / A. Laamrani, R.P. Lara, A.A. Berg [et al.] // Sensors. – 2018. – № 18. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/3/708> (дата обращения: 24.11.2024).

288. Wheat diseases detection and classification using convolutional neural network (CNN) / M.H. Hossen [et al.] // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2022. – Vol. 13, № 11. – P. 719–726.

289. Wi-Fi based portable weather station for monitoring temperature, relative humidity, pressure, precipitation, wind speed and direction [Электронный ресурс] / I. Sarkar [et al.] // Proceedings of Information and Communication Technology for Sustainable Development Proceedings (ICT4SD 2018). – Goa, 2018. – P.399–404.

290. Zhang, X Interaction of open innovation and business ecosystem / X. Zhang, Xiaoren, L. Ding, X. Chen // International journal of u- and e- Service, science and technology. – 2014. – Vol. 7, № 1. – P. 51–64.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Справки о внедрении результатов исследования



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Ставропольская ул., д. 149, г. Краснодар, 350040

Тел.: (861) 219-95-02; факс: (861) 219-95-17;

e-mail: rector@kubsu.ru; http://www.kubsu.ru

ОКПО 02067847; ОГРН 1022301972516;

ИНН/КПП 2312038420/231201001

от 02.06.2025 № 36

На № _____ от _____

СПРАВКА

о внедрении результатов исследования диссертационной работы
Ариничева Игоря Владимировича
на тему: «Бизнес-процессы АПК: теория и методология мониторинга зернового
производства», представленную на соискание ученой степени доктора
экономических наук по специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая
экономика (экономика агропромышленного комплекса (АПК))
(экономические науки)

Теоретические и прикладные результаты диссертационного исследования Ариничева И.В. были внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» с целью совершенствования методического обеспечения и содержательного изложения учебного материала по основной образовательной программе высшего образования – программе бакалавриата по направлению подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика и по основной образовательной программе высшего образования – программе магистратуры по направлению подготовки 38.04.05 Бизнес-информатика при изучении следующих дисциплин, читаемых студентам: «Теория процессного управления», «Моделирование бизнес-процессов», «Анализ данных».

Проректор по учебной работе, качеству
образования - первый проректор

Т.А. Хагуров

053007

Исполнитель:
декан экономического факультета Шевченко И.В.
+7 (861) 219-95-54, 219-95-53

Продолжение приложения А



**МИНИСТЕРСТВО
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Рашпилевская ул., д. 36, г. Краснодар, 350000
Тел. (861) 214-25-01, факс (861) 214-25-85
E-mail: msh@krasnodar.ru

10.06.2025 № 206-04-08-6405/25
На № _____ от _____

Диссертационный совет
35.2.044.01 на базе федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Луганский
государственный аграрный
университет имени
К.Е. Ворошилова»

СПРАВКА

о внедрении результатов исследования диссертационной работы
Ариничева Игоря Владимировича
на тему: «Бизнес-процессы АПК: теория и методология мониторинга
зернового производства»
представленную на соискание ученой степени доктора экономических
наук по специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(экономика агропромышленного комплекса (АПК))
(экономические науки)

Научное исследование Ариничева И.В. посвящено решению важной
народнохозяйственной задачи в области перевода бизнес-процессов АПК на
интеллектуальную основу.

В диссертационном исследовании разработана методология
интеллектуального мониторинга зернового производства, сочетающая
инструменты наблюдения, сбора, анализа данных, оптимизации архитектуры
цифровых решений в системе управления АПК.

Наиболее ценными для зернового подкомплекса АПК являются:

1. Разработанная многоуровневая система координации участников
мониторинговой деятельности, включающая: частный (хозяйственный)
уровень сбора первичных данных, территориальный уровень агрегации и
анализа информации, общегосударственный уровень стратегического
управления. Это позволяет эффективно организовать процесс подготовки
данных для формирования информационной системы прогнозирования
состояния зернового поля с учетом зональных особенностей производства.

2. Практические рекомендации по созданию единой национальной базы
данных, которая призвана обеспечить в новых условиях хозяйствования:
стандартизацию процедур мониторинга, повышение достоверности

аналитических прогнозов, эффективное взаимодействие всех участников производственного процесса.

3. Модель управления бизнес-процессами зернового производства в условиях использования цифровых технологий, ориентирующая лицо, принимающее решения на применение технологических операций, соответствующих заданным параметрам. Как следствие появляется возможность оперативно планировать издержки, прогнозировать урожай, отслеживать влияние отдельных операций на экономические показатели хозяйствования.

Теоретические и практические положения диссертационного исследования рассмотрены Министерством сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края и получили положительную оценку как обладающие высокой научно-практической ценностью. Разработанная методология формирует концептуальную базу для перехода от существующей практики фрагментарного мониторинга отдельных сельхозпредприятий в интегрированную региональную систему управления зерновым производством, что позволит повысить прирост отраслевой эффективности на региональном уровне.

Заместитель министра



Тимофеев М.Н.

Российская Федерация
 Министерство сельского хозяйства
 Российской Федерации
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
 ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РИСА»
(ФГБНУ «ФНЦ риса»)
 350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3
 Тел/Факс: (861) 229-41-98, 229-41-49,
 E-mail: arrri_kub@mail.ru
 02.06.2015 № 01-16/669-09
 на № _____ от _____

Диссертационный совет 35.2.044.01
 на базе федерального государственного
 бюджетного образовательного
 учреждения высшего образования
 «Луганский государственный аграрный
 университет имени К.Е. Ворошилова»

СПРАВКА

о внедрении результатов исследования диссертационной работы
 Ариничева Игоря Владимировича на тему: «Бизнес-процессы АПК: теория и
 методология мониторинга зернового производства» представленную на
 соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности
 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика (экономика
 агропромышленного комплекса (АПК)
 (экономические науки)

Руководством ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» рассмотрены
 результаты диссертационного исследования Ариничева И.В., посвященные
 совершенствованию системы цифрового мониторинга в зерновом производстве.
 Проведенный анализ подтвердил научную и практическую ценность
 разработанной информационной базы данных, содержащей детализированные
 данные о 13732 объектах наблюдения, представляющих 10 категорий
 заболеваний ключевых зерновых культур, с особым акцентом на патогены риса.

Особенностью разработки является включенная в базу данных не
 имеющая аналогов уникальная коллекция, содержащая детальную
 фотофиксацию патогенных организмов. Такой подход создает принципиально
 новые возможности для точного и оперативного мониторинга культуры риса,
 имеющей специфические особенности возделывания. Применение
 автоматизированных алгоритмов обработки визуальных данных значительно
 сокращает временные затраты на идентификацию патогенов и обладает
 высокой степенью эффективности.

Инновационный характер разработки проявляется в ее способности
 интегрироваться с разработанной автором платформой цифрового

Продолжение приложения А

мониторинга, представляющего целостную экосистему (апробированную в полевых условиях), учитывающую региональную специфику зернового производства, что повышает точность прогностических моделей и эффективность бизнес-процесса производства зерна.

Предложенная Ариничевым И.В. разработка признана соответствующей современным требованиям цифровизации сельского хозяйства и рекомендована к практическому применению в научно-исследовательской и производственной деятельности Федерального научного центра риса.

Директор ФГБНУ «ФНЦ риса»
член-корр. РАН, д.с.-х.н.



С.В. Гаркуша

Руководитель технологического центра
ФГБНУ «ФНЦ риса», к.с.-х.н.

В.А. Ладатко

Подписи Гаркуши С.В. и Ладатко В.А. заверяю:

Секретарь директора



А.В. Рыло

Продолжение приложения А



Диссертационный совет 35.2.044.01
на базе федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Луганский государственный аграрный
университет имени К.Е. Ворошилова»

СПРАВКА

о внедрении результатов исследования диссертационной работы
Ариничева Игоря Владимировича
на тему: «Бизнес-процессы АПК: теория и методология мониторинга зернового
производства» представленную на соискание ученой степени доктора экономических наук
по специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(экономика агропромышленного комплекса (АПК))
(экономические науки)

Настоящим подтверждаем, что по результатам диссертационного исследования Ариничева И.В. предложена новая концепция мониторинга зернового производства, представляющая собой синтез современных подходов к цифровой трансформации отраслевых бизнес-процессов и основана на комплексном системном анализе взаимосвязанных организационно-технологических и институциональных аспектов модернизации АПК.

Особое значение для научного центра представляет:

- 1) разработанная архитектура интеллектуального мониторинга зернового производства, ориентированная на многоуровневую координацию взаимодействия субъектов мониторинговой деятельности;
- 2) структурная модель, определяющая функциональные роли и зоны ответственности каждого участника бизнес-процесса производства зерна: сбора, обработки и анализа данных о состоянии зерновых культур;
- 3) организационно-экономические механизмы интеграции разрозненных источников информации в единую систему поддержки принятия управленческих решений с компонентами обратной связи, позволяющие оперативно корректировать параметры мониторинга в зависимости от изменяющихся производственных условий и возникающих рисков.

Учитывая подтвержденную научную обоснованность и практическую применимость представленных материалов, разработки Ариничева И.В. рекомендованы к внедрению в производственную деятельность ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» как перспективный инструмент повышения эффективности зернового хозяйства в условиях цифровой трансформации АПК.

ФГБНУ «Национальный центр
зерна им. П.П. Лукьяненко»,
Заместитель директора по экономике, К.Э.Н.



Кривошлыков К.М.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»
(ФГБНУ ФНЦБЗР)

ИНН 2311014440

КПП 231101001

Россия, 350039, г. Краснодар,

Ул. им. Калинина, 62

Тел./ факс: (861) 228-17-76

e-mail: info@fncbzs.ru

Диссертационный совет 35.2.044.01
на базе федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Луганский
государственный аграрный
университет имени К.Е.
Ворошилова»

29.04.2025 № 320-1/01

СПРАВКА

о внедрении результатов исследования диссертационной работы
Ариничева Игоря Владимировича на тему: «Бизнес-процессы АПК: теория
и методология мониторинга зернового производства»,
представленную на соискание ученой степени доктора экономических наук
по специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(экономика агропромышленного комплекса (АПК))
(экономические науки)

Результаты диссертационного исследования Ариничева И.В. направлены на решение крупной народнохозяйственной задачи повышения эффективности зернового производства в условиях высокой степени его рискогенности и фитопатологической опасности. Этот факт переводит интеллектуальный мониторинг фитосанитарного состояния посевов зерновых культур в разряд основного бизнес-процесса производства зерна, трансформируя системы мониторинга из вспомогательного инструмента контроля в ключевой элемент стратегического управления, позволяющий не только оперативно выявлять угрозы, но и прогнозировать их развитие с высокой степенью точности.

При рассмотрении предложений, изложенных в диссертационной работе Ариничева И.В., особую ценность для Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) представляет новое интеллектуальное решение для диагностики болезней пшеницы, специализированное на идентификации наиболее вредоносных заболеваний (бурая ржавчина, желтая пятнистость листьев, желтая ржавчина), входящих в патогенный комплекс культуры на территории Краснодарского края. Решение основано на применении современных

алгоритмов машинного обучения, что обеспечивает высокую точность диагностики даже на ранних стадиях развития заболеваний. Это позволяет существенно сократить временной шаг между обнаружением патогенов и принятием защитных мер, что в конечном итоге способствует снижению экономических потерь. Получены свидетельства о государственной регистрации Базы данных «Изображения грибных вредоносных болезней пшеницы на разных стадиях вегетации растения» /Ариничева Ирина Владимировна, Ариничев Игорь Владимирович, Волкова Галина Владимировна, Матвеева Ирина Петровна, Ким Юрий Сергеевич // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620225, 25.01.2022. Заявка № 2022620066 от 13.01.2022 и программы для ЭВМ «Программа для детекции и классификации грибных болезней пшеницы» / Ариничева Ирина Владимировна, Ариничев Игорь Владимирович, Полянских Сергей Валерьевич, Волкова Галина Владимировна // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022611191, 20.01.2022. Заявка № 2022610145 от 11.01.2022.

Облачный сервис и мобильное приложение, позволяющее осуществлять детекцию и классификации рассмотренных болезней в полевых и контролируемых условиях, используется в практической работе сотрудниками ФГБНУ ФНЦБЗР.

Заместитель директора
по развитию и координации
научно-исследовательских работ
ФГБНУ ФНЦБЗР,
член-корр. РАН, д.б.н.



Волкова Г.В.

Продолжение приложения А

ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
 учебно-опытное хозяйство
 «Красnodарское»
 ИНН 2311014546
 350032 г. Краснодар пос. Лазурный,
 ул. им. Александра Носаленко, дом 2А

Исх. № 94
 от 06.06.2025

Диссертационный совет 35.2.044.01
 на базе федерального
 государственного бюджетного
 образовательного учреждения
 высшего образования
 «Луганский государственный
 аграрный университет имени К.Е.
 Ворошилова»

СПРАВКА

о внедрении результатов исследования диссертационной работы
 Ариничева Игоря Владимировича
 на тему: «Бизнес-процессы АПК: теория и методология мониторинга
 зернового производства»
 представленную на соискание ученой степени доктора экономических
 наук по специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
 (экономика агропромышленного комплекса (АПК))
 (экономические науки)

В практике деятельности учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ были использованы отдельные результаты научных исследований, содержащихся в диссертационной работе Ариничева И.В. в части организационно-экономических мероприятий, направленных на формирование системы интеллектуального мониторинга посевов зерновых культур.

Особую практическую значимость продемонстрировал разработанный алгоритм принятия управленческих решений, использующий технологии искусственного интеллекта для своевременного выявления биотических угроз, включая диагностику распространенных заболеваний зерновых культур и идентификацию опасных вредителей.

Внедрение данной системы обеспечило высокую точность диагностики (92-94%), повышение скорости принятия решений и экономической эффективности защитных мероприятий.

Полученные результаты подтверждают высокую практическую ценность диссертационного исследования Ариничева И.В. для современного зернового производства.

Директор УОХ «Краснодарское»
 ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
 аграрный университет им И.Т. Трубилина»
 кандидат экономических наук



Носаленко П.А.

Продолжение приложения А

Российская Федерация
Краснодарский край
Общество с ограниченной ответственностью
«Агропромышленный комплекс
«Сельхоз-Контракт»
ИНН 2347010601 ОГРН 1032326312017
363873, Россия, Краснодарский край,
Приморско-Ахтарский район,
ст. Степная, ул. Ленина, д. 11
тел.: 8(86143) 5-61-25, 5-21-47
e-mail: sh-kontrakt@yandex.ru

№ 102 от 10.03.22
На № _____ от _____

Диссертационный совет 35.2.044.01
на базе федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Луганский государственный
аграрный университет имени К.Е.
Ворошилова»

СПРАВКА

о внедрении результатов исследования диссертационной работы
Ариничева Игоря Владимировича
на тему: «Бизнес-процессы АПК: теория и методология мониторинга
зернового производства»
представленную на соискание ученой степени доктора экономических
наук по специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(экономика агропромышленного комплекса (АПК))
(экономические науки)

Настоящая справка составлена о том, что разработанные в
диссертационном исследовании прикладные интеллектуальные
решения для мониторинга болезней зерновых культур
использованы в деятельности ООО «АПК» Сельхоз-контракт» в
2022-2023 с/х году с целью повышения эффективности проведения
защитных мероприятий на посевах.

Главный агроном
ООО «АПК» Сельхоз контракт»

Слипченко А.А.

Генеральный директор
ООО «АПК» Сельхоз контракт»

Балабин Л.А.



Приложение Б

Посевные площади зерновых культур и их удельный вес в общей посевной площади регионов Российской Федерации

Таблица Б – Динамика посевных площадей зерновых культур и их удельный вес в общей посевной площади по регионам Российской Федерации, 2019-2023 гг.

	Вся посевная площадь, тыс. га					Зерновые и зернобобовые, тыс. га						Удельный вес зерновых в общей посевой площади, %				
	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Российская Федерация	79880,2	79948,0	80436,7	81986,2	81202,8	46660,4	47899,9	47005,9	47504,2	47893,79	58,4	59,9	58,4	57,9	59,0	
Центральный федеральный округ	15707,2	15943,4	16023,7	16239,3	15996,9	8210,5	8682,9	8243,4	8561,3	8231,56	52,3	54,5	51,4	52,7	51,5	
Белгородская область	1426,9	1425,2	1445,3	1447,6	1394,8	714,2	737,9	681,3	731,0	651,9	50,1	51,8	47,1	50,5	46,7	
Брянская область	896,7	923,1	932,8	929,8	914,1	387,0	406,8	407,4	378,0	369,27	43,2	44,1	43,7	40,7	40,4	
Владимирская область	300,1	290,2	286,5	293,8	291,5	80,3	82,9	90,9	91,5	90	26,8	28,6	31,7	31,2	30,9	
Воронежская область	2638,5	2685,9	2679,9	2724,2	2634,7	1508,2	1584,4	1401,5	1619,7	1466,43	57,2	59,0	52,3	59,5	55,7	
Ивановская область	207,7	201,2	194,5	196,0	199,3	60,6	62,2	63,9	68,4	67,51	29,2	30,9	32,9	34,9	33,9	
Калужская область	352,8	361,4	354,6	353,3	410,7	84,0	99,3	89,6	93,8	83,24	23,8	27,5	25,3	26,6	20,3	
Костромская область	181,9	182,1	179,6	178,8	179,3	31,5	28,3	29,0	26,9	25,58	17,3	15,5	16,1	15,1	14,3	
Курская область	1644,7	1666,3	1677,6	1707,4	1681,0	967,6	1041,1	1002,6	992,4	958,56	58,8	62,5	59,8	58,1	57,0	
Липецкая область	1353,9	1372,6	1400,4	1427,0	1397,8	796,6	839,5	821,2	834,6	794,67	58,8	61,2	58,6	58,5	56,8	
Московская область	568,0	557,1	529,9	533,3	519,6	147,9	165,1	163,6	174,2	189,05	26,0	29,6	30,9	32,7	36,4	

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Орловская область	1282,7	1313,2	1328,6	1340,9	1328,5	894,6	949,0	896,6	846,0	840,27	69,7	72,3	67,5	63,1	63,2
Рязанская область	970,8	1020,4	1082,4	1132,8	1122,1	630,5	681,3	702,7	725,0	724,61	64,9	66,8	64,9	64,0	64,6
Смоленская область	396,8	398,2	400,9	396,3	404,3	124,7	140,3	143,3	146,6	160,91	31,4	35,2	35,8	37,0	39,8
Тамбовская область	1789,7	1831,1	1848,4	1908,6	1888,2	1079,2	1113,7	1023,6	1112,5	1085,54	60,3	60,8	55,4	58,3	57,5
Тверская область	503,8	498,9	477,7	436,2	438,8	68,8	70,0	67,2	65,4	71,84	13,7	14,0	14,1	15,0	16,4
Тульская область	885,4	931,0	938,1	970,3	956,0	588,8	637,6	620,4	611,6	606,4	66,5	68,5	66,1	63,0	63,4
Ярославская область	298,9	281,3	262,3	259,8	233,4	45,9	43,4	38,7	43,5	45,78	15,4	15,4	14,7	16,8	19,6
г. Москва	7,9	4,3	4,2	3,3	2,9	0,0	0,0	0,1	0,1	0,01	0,0	0,0	1,7	4,2	0,3
Северо-Западный федеральный округ	1375,6	1360,9	1344,7	1317,6	1294,7	329,0	320,3	346,4	332,8	319,13	23,9	23,5	25,8	25,3	24,6
Республика Карелия	31,1	27,9	24,8	23,9	23,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Коми	37,1	34,9	32,7	31,5	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ненецкий автономный округ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Архангельская область (кроме Ненецкого АО)	66,0	65,6	66,1	58,3	53,4	0,8	0,3	0,5	0,6	0,29	1,2	0,5	0,7	1,1	0,5
Вологодская область	350,8	342,3	344,6	329,4	334,3	103,3	86,4	91,2	91,2	90,02	29,5	25,3	26,5	27,7	26,9
Калининградская область	272,3	287,4	298,4	303,7	303,7	131,4	137,3	149,2	136,0	129,22	48,3	47,8	50,0	44,8	42,6
Ленинградская область	238,2	237,1	229,0	227,3	222,6	39,4	41,4	42,6	45,5	44,43	16,5	17,5	18,6	20,0	20,0
Мурманская область	6,9	6,9	6,0	5,4	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Новгородская область	153,2	146,0	133,7	129,1	127,0	15,3	12,1	13,4	9,1	12,08	10,0	8,3	10,0	7,0	9,5
Псковская область	220,0	212,8	209,5	209,0	194,1	38,8	42,8	49,6	50,4	43,06	17,6	20,1	23,7	24,1	22,2

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Южный федеральный округ	12954,3	12954,7	13088,5	13541,3	13496,9	9216,3	9263,4	9020,1	9283,2	9344,02	71,1	71,5	68,9	68,6	69,2
Республика Адыгея	233,0	237,2	234,0	231,7	221,3	145,9	143,6	141,5	124,0	130,22	62,6	60,5	60,5	53,5	58,8
Республика Калмыкия	317,2	304,9	297,8	325,6	316,6	285,6	276,8	267,6	290,6	297,35	90,0	90,8	89,9	89,2	93,9
Республика Крым	770,5	762,5	787,7	801,9	825,0	559,8	571,9	576,4	533,9	585,56	72,6	75,0	73,2	66,6	71,0
Краснодарский край	3708,5	3727,2	3771,0	3745,2	3765,9	2464,3	2532,4	2587,7	2440,1	2518,28	66,4	67,9	68,6	65,2	66,9
Астраханская область	82,6	82,8	86,1	87,2	89,0	15,1	15,2	17,0	23,0	21,65	18,3	18,4	19,7	26,4	24,3
Волгоградская область	3146,1	3090,9	3077,2	3317,8	3318,1	2162,3	2083,7	1831,1	2197,8	2135,51	68,7	67,4	59,5	66,2	64,4
Ростовская область	4695,0	4748,0	4833,4	5030,7	4960,2	3583,0	3639,5	3598,1	3673,4	3655,15	76,3	76,7	74,4	73,0	73,7
г. Севастополь	1,3	1,3	1,4	1,1	1,1	0,5	0,4	0,6	0,5	0,29	35,1	28,7	44,9	40,1	25,4
Северо-Кавказский федеральный округ	4431,0	4229,6	4374,2	4434,5	4365,7	3353,0	3187,2	3366,5	3239,7	3310,94	75,7	75,4	77,0	73,1	75,8
Республика Дагестан	351,6	357,6	360,1	372,4	357,2	149,7	157,5	165,2	167,6	168,64	42,6	44,1	45,9	45,0	47,2
Республика Ингушетия	66,0	63,6	66,7	66,0	69,9	49,1	53,0	48,4	40,1	48,96	74,4	83,3	72,5	60,8	70,0
Кабардино-Балкарская Республика	281,8	281,8	281,9	283,6	286,0	212,1	218,0	222,8	215,6	230,71	75,3	77,4	79,0	76,0	80,7
Карачаево-Черкесская Республика	128,6	130,2	124,9	115,5	130,2	100,4	104,2	90,6	81,4	95,72	78,1	80,0	72,5	70,5	73,5
Республика Северная Осетия-Алания	170,0	168,1	174,1	175,3	178,5	138,9	136,8	143,0	128,3	138,96	81,7	81,4	82,1	73,2	77,8

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Чеченская Республика	276,4	291,0	300,8	305,3	304,1	179,2	196,6	211,8	183,4	193,35	64,8	67,6	70,4	60,1	63,6
Ставропольский край	3156,6	2937,4	3065,7	3116,4	3039,7	2523,7	2321,0	2484,8	2423,2	2434,59	80,0	79,0	81,1	77,8	80,1
Приволжский федеральный округ	23950,7	24018,7	24058,9	24435,8	24168,9	12871,5	13390,7	13172,4	13016,6	13305,29	53,7	55,8	54,8	53,3	55,1
Республика Башкортостан	2873,9	2869,2	2821,1	2891,2	2863,6	1670,5	1782,5	1716,7	1759,3	1749,29	58,1	62,1	60,9	60,8	61,1
Республика Марий Эл	290,9	292,0	298,8	306,2	308,8	122,1	134,8	142,8	149,9	148,05	42,0	46,2	47,8	48,9	47,9
Республика Мордовия	756,5	770,5	780,6	792,7	791,0	444,2	478,1	490,3	473,1	481,22	58,7	62,0	62,8	59,7	60,8
Республика Татарстан	2947,1	2870,6	2862,9	2846,6	2775,3	1461,7	1552,5	1592,6	1496,4	1478,81	49,6	54,1	55,6	52,6	53,3
Удмуртская Республика	945,5	921,4	917,4	916,1	916,7	328,3	320,5	333,8	350,4	321,94	34,7	34,8	36,4	38,2	35,1
Чувашская Республика - Чувашия	541,5	550,2	545,3	545,7	546,0	268,7	293,3	301,3	310,7	297,66	49,6	53,3	55,2	56,9	54,5
Пермский край	739,5	733,3	723,3	705,2	690,9	231,0	231,1	238,9	230,9	217,61	31,2	31,5	33,0	32,7	31,5
Кировская область	825,1	827,7	818,2	815,1	809,3	291,8	306,9	315,3	317,6	315,26	35,4	37,1	38,5	39,0	39,0
Нижегородская область	1102,7	1089,7	1072,9	1094,8	1097,2	551,0	578,6	594,4	633,9	646,11	50,0	53,1	55,4	57,9	58,9
Оренбургская область	4273,7	4285,6	4291,0	4371,3	4356,6	2629,1	2754,4	2592,5	2385,1	2639,74	61,5	64,3	60,4	54,6	60,6
Пензенская область	1418,1	1453,3	1506,7	1561,1	1523,6	800,4	850,5	853,6	857,4	842,56	56,4	58,5	56,7	54,9	55,3
Самарская область	2113,6	2127,9	2181,6	2209,2	2211,3	1099,0	1144,8	1150,7	1167,9	1168,25	52,0	53,8	52,7	52,9	52,8
Саратовская область	4061,0	4168,7	4152,2	4279,5	4219,1	2332,1	2312,5	2193,8	2252,1	2349,74	57,4	55,5	52,8	52,6	55,7
Ульяновская область	1061,8	1058,8	1086,9	1101,1	1059,7	641,8	650,3	655,7	631,8	649,04	60,4	61,4	60,3	57,4	61,2

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Уральский федеральный округ	5142,8	5164,0	5108,0	5192,0	5179,3	3451,5	3531,6	3378,8	3375,8	3541,31	67,1	68,4	66,1	65,0	68,4
Курганская область	1332,6	1350,4	1319,4	1360,2	1382,5	1061,1	1091,8	1042,8	994,4	1064,6	79,6	80,8	79,0	73,1	77,0
Свердловская область	810,9	810,7	806,6	813,3	798,3	317,5	322,7	314,8	333,5	313,1	39,2	39,8	39,0	41,0	39,2
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	8,3	8,1	7,8	6,9	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Тюменская область (кроме Югры и ЯНО)	1041,1	1028,6	1022,4	1032,0	1031,7	662,8	683,8	692,7	712,4	729,15	63,7	66,5	67,7	69,0	70,7
Челябинская область	1949,8	1966,1	1951,7	1979,6	1959,9	1410,1	1433,4	1328,6	1335,5	1434,46	72,3	72,9	68,1	67,5	73,2
Сибирский федеральный округ	14019,3	14121,2	14349,3	14680,8	14524,2	8685,3	8992,7	8961,4	9175,6	9303,32	62,0	63,7	62,5	62,5	64,1
Республика Алтай	106,9	105,3	103,1	101,1	97,9	6,6	7,5	6,7	7,4	6,32	6,2	7,1	6,4	7,3	6,5
Республика Тыва	50,7	54,0	55,4	56,0	48,1	15,6	14,4	17,8	19,3	14,4	30,8	26,6	32,1	34,4	29,9
Республика Хакасия	212,9	217,8	226,1	226,6	237,7	72,8	78,1	82,0	89,0	100,64	34,2	35,9	36,3	39,3	42,3
Алтайский край	5146,9	5175,9	5252,1	5406,7	5388,8	3169,0	3289,3	3234,7	3353,1	3353	61,6	63,6	61,6	62,0	62,2
Красноярский край	1494,6	1475,5	1476,3	1536,4	1487,9	914,5	933,0	930,3	955,2	938,05	61,2	63,2	63,0	62,2	63,0
Иркутская область	708,0	706,1	695,7	698,5	657,9	432,1	417,8	410,4	405,9	392,45	61,0	59,2	59,0	58,1	59,7
Кемеровская область - Кузбасс	885,3	898,6	943,0	972,8	970,5	551,7	576,0	609,7	625,7	635,27	62,3	64,1	64,7	64,3	65,5
Новосибирская область	2225,7	2272,0	2320,5	2377,7	2361,5	1416,0	1482,8	1505,1	1535,1	1569,37	63,6	65,3	64,9	64,6	66,5
Омская область	2864,1	2881,5	2944,8	2976,9	2963,0	1945,1	2028,4	1997,7	2009,7	2127,72	67,9	70,4	67,8	67,5	71,8
Томская область	324,3	334,8	332,2	328,1	310,8	161,8	165,4	167,2	175,2	166,1	49,9	49,4	50,3	53,4	53,4

Продолжение таблицы Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Дальневосточный федеральный округ	2299,3	2155,4	2089,4	2145,0	2176,3	543,2	531,2	517,0	519,2	538,2	23,6	24,6	24,7	24,2	24,7
Республика Бурятия	118,3	117,2	118,3	116,6	116,6	62,3	61,4	66,1	67,8	69,32	52,6	52,3	55,9	58,1	59,5
Республика Саха (Якутия)	47,1	47,2	47,7	44,9	44,4	10,4	9,1	10,7	10,8	11,42	22,1	19,3	22,4	24,0	25,7
Забайкальский край	198,4	188,3	200,4	187,5	163,6	119,7	112,0	115,3	122,8	117,18	60,3	59,5	57,6	65,5	71,6
Камчатский край	19,5	19,4	20,5	19,3	18,6	0,1	0,0	0,0	0,1	0,52	0,3	0,1	0,1	0,7	2,8
Приморский край	484,7	449,3	475,9	477,3	472,3	103,5	113,3	116,3	122,9	126,38	21,3	25,2	24,4	25,7	26,8
Хабаровский край	72,0	65,8	55,4	56,1	55,9	9,2	10,0	9,0	9,1	8,43	12,8	15,2	16,1	16,2	15,1
Амурская область	1180,2	1137,4	1031,6	1089,5	1142,9	232,1	220,1	194,8	180,1	198,01	19,7	19,4	18,9	16,5	17,3
Магаданская область	6,9	6,9	7,1	7,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сахалинская область	29,0	28,5	30,7	29,9	29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Еврейская автономная область	143,1	95,4	102,0	116,8	122,7	6,0	5,2	4,9	5,7	6,94	4,2	5,5	4,8	4,9	5,7
Чукотский автономный округ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Источник: составлено автором по данным ЕМИСС

Приложение В

Валовой сбор и урожайность зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий

Таблица В – Динамика валового сбора и урожайности зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий в 2019-2023 гг

	Валовой сбор, тыс. ц					Урожайность (с 1 га убранной площади, ц)						
	2019	2020	2021	2022	2023	2019-2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019-2023
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Российская Федерация	1211999	1334649	1213973	1576143	1449623	1357278	26,7	28,6	26,7	35,1	32,5	29,9
Центральный федеральный округ	313308	385437	300088	387260	380533	353325	38,6	44,7	36,8	48,6	50,6	43,9
Белгородская область	34731	39076	30637	40865	36562	36374	48,7	53,2	45,2	59,4	62,0	53,7
Брянская область	17011	20207	19904	18765	20789	19335	44,9	50,4	49,9	55,6	64,9	53,1
Владимирская область	1743	2494	1786	2164	2951	2227	22,5	30,2	22,4	25,3	35,2	27,1
Воронежская область	51780	61672	42942	69067	62806	57653	35,0	39,1	30,9	45,5	46,2	39,3
Ивановская область	1165	1490	1054	1376	1923	1402	20,2	24,0	17,1	21,9	30,3	22,7
Калужская область	2416	2789	1990	2613	2610	2483	29,2	29,1	23,0	30,6	34,5	29,3
Костромская область	468	476	391	573	639	509	16,2	16,8	13,7	23,7	28,1	19,7
Курская область	49758	58452	44991	57349	55088	53128	51,5	56,2	45,0	62,9	63,9	55,9
Липецкая область	33444	42785	29863	40011	36532	36527	42,8	51,3	36,9	51,2	50,7	46,6
Московская область	3883	5299	4440	6542	7195	5472	26,5	33,0	27,7	39,7	41,1	33,6
Орловская область	36729	42825	37841	39096	41422	39583	41,3	45,4	42,3	49,5	53,4	46,4
Рязанская область	20476	27937	22365	30656	27803	25847	32,8	41,3	32,0	44,8	41,5	38,5
Смоленская область	3186	3019	2754	3536	3794	3258	25,9	23,5	19,9	26,3	25,8	24,3
Тамбовская область	34125	49206	35537	45283	51376	43105	31,8	44,6	35,0	44,0	51,8	41,4
Тверская область	1221	1074	1022	1558	1791	1333	17,9	15,4	15,4	25,9	27,3	20,4
Тульская область	20236	25788	22057	26725	25885	24138	34,6	40,6	35,8	46,9	45,8	40,7
Ярославская область	934	848	516	1080	1366	949	21,2	19,6	13,6	26,9	32,8	22,8
г. Москва	0	0	0	3	0	1	0,0	0,0	4,7	21,9	18,9	9,1

Продолжение таблицы В

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Северо-Западный федеральный округ	12036	12103	11455	12323	11876	11959	39,3	38,2	34,2	40,5	41,3	38,7
Республика Карелия	0	0	0	0	0	0					32,6	32,6
Республика Коми	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	20,0	19,6	7,9
Ненецкий автономный округ	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Архангельская область (кроме Ненецкого АО)	12	6	6	12	4	8	17,6	20,9	13,2	23,7	23,0	19,7
Вологодская область	1927	1433	1088	1785	2107	1668	23,5	17,0	0,0	22,3	26,7	17,9
Калининградская область	6804	7186	7142	6888	6722	6948	51,8	52,6	48,4	54,8	58,6	53,2
Ленинградская область	1456	1607	1400	1724	1570	1552	37,0	38,8	32,9	40,8	38,3	37,6
Мурманская область	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Новгородская область	431	355	347	215	218	313	29,4	29,5	27,3	27,0	19,7	26,6
Пековская область	1406	1515	1471	1698	1255	1469	36,9	35,8	30,2	36,6	31,5	34,2
Южный федеральный округ	332618	319540	352731	410570	400047	363101	36,5	35,1	39,3	45,5	43,8	40,0
Республика Адыгея	6312	7347	6549	6183	5595	6397	43,5	51,2	46,4	50,8	43,7	47,1
Республика Калмыкия	6398	5840	5990	7073	8066	6673	23,3	22,1	22,6	26,4	28,7	24,6
Республика Крым	14700	9083	14328	19268	20415	15559	26,6	16,4	25,1	37,1	35,9	28,2
Краснодарский край	138811	121050	147987	154613	139869	140466	56,5	48,1	57,5	64,8	56,4	56,7
Астраханская область	409	468	630	815	655	595	30,9	31,2	37,2	40,4	33,4	34,6
Волгоградская область	44948	51101	41261	70085	63731	54225	21,3	25,5	22,7	33,2	31,0	26,7
Ростовская область	121030	124645	135974	152520	161703	139174	34,1	34,5	38,0	42,4	45,0	38,8
г. Севастополь	11	6	12	14	13	11	23,9	16,6	23,3	31,1	46,7	28,3
Северо-Кавказский федеральный округ	114248	90745	128936	128948	131637	118903	35,9	30,2	38,6	41,1	41,0	37,4
Республика Дагестан	3850	4224	4502	4652	4855	4417	26,0	27,3	27,5	29,2	30,6	28,1
Республика Ингушетия	407	548	1348	1477	1758	1108	19,8	23,6	31,2	39,8	38,2	30,5

Продолжение таблицы В

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Кабардино-Балкарская Республика	11361	11933	12864	12477	14211	12569	54,8	56,7	57,6	59,6	63,6	58,5
Карачаево-Черкесская Республика	4939	3532	4062	4097	5664	4459	50,5	37,8	45,4	52,7	61,3	49,5
Республика Северная Осетия-Алания	7912	8269	8765	7881	8570	8280	65,3	61,3	61,3	64,4	63,2	63,1
Чеченская Республика	1777	4612	4989	5170	5201	4350	18,2	25,3	24,2	30,4	29,0	25,4
Ставропольский край	84002	57627	92407	93194	91378	83722	33,7	26,1	37,4	39,4	38,5	35,0
Приволжский федеральный округ	226086	322456	194365	369381	309959	284449	18,4	24,6	16,1	30,4	25,4	23,0
Республика Башкортостан	32465	38393	20607	50039	32072	34715	19,8	22,0	14,0	30,2	20,2	21,2
Республика Марий Эл	2426	3177	2090	3818	3373	2977	19,9	23,6	14,8	28,1	24,7	22,2
Республика Мордовия	12266	16218	11372	16483	19576	15183	27,8	34,0	23,5	37,5	43,9	33,3
Республика Татарстан	41679	52008	23530	52135	36037	41078	28,6	33,5	14,9	37,3	26,0	28,1
Удмуртская Республика	6259	6477	4847	8891	5916	6478	21,3	20,2	15,8	27,5	20,1	21,0
Чувашская Республика - Чувашия	7249	9405	5555	10085	9686	8396	27,0	32,2	19,1	34,5	34,2	29,4
Пермский край	2998	3567	2579	4449	2829	3285	14,7	15,4	12,1	21,3	16,0	15,9
Кировская область	6236	6522	5218	7473	7140	6518	21,7	21,3	16,9	26,6	25,1	22,3
Нижегородская область	12188	16146	12167	17532	21258	15858	22,3	28,0	20,7	29,0	34,7	26,9
Оренбургская область	21242	35896	15664	40145	34009	29391	8,9	13,5	8,0	17,9	15,0	12,7
Пензенская область	18568	32217	22516	32701	32638	27728	24,8	38,4	26,5	40,4	41,2	34,3
Самарская область	18926	29236	19522	36567	27552	26361	17,7	26,1	17,4	33,2	24,6	23,8
Саратовская область	31822	53035	36999	67926	59252	49807	14,7	23,8	17,3	32,7	26,9	23,1
Ульяновская область	11764	20158	11699	21137	18619	16676	19,1	31,1	18,0	35,4	30,1	26,7
Уральский федеральный округ	57481	44706	37894	71890	58392	54073	16,9	13,8	12,1	22,8	18,7	16,8
Курганская область	17807	14318	10542	21721	15457	15969	16,9	13,5	11,1	23,3	16,1	16,2

Продолжение таблицы В

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Свердловская область	7081	6735	5209	9133	6558	6943	22,3	20,9	16,7	29,6	22,9	22,5
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	0	0	0	0	0	0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
Ямало-Ненецкий автономный округ	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Тюменская область (кроме Югры и ЯНО)	14817	13571	11289	19018	15482	14835	22,4	19,9	16,3	29,0	23,6	22,2
Челябинская область	17776	10081	10854	22017	20895	16325	13,0	8,6	9,2	17,3	17,0	13,0
Сибирский федеральный округ	146620	149318	175866	181645	142525	159195	17,0	17,1	19,7	21,5	17,0	18,5
Республика Алтай	86	108	110	118	69	98	13,9	15,3	16,5	16,7	14,4	15,4
Республика Тыва	264	195	221	125	150	191	19,4	13,6	12,7	9,5	11,3	13,3
Республика Хакасия	1414	1612	1554	1418	1814	1562	19,4	21,0	19,0	18,1	21,0	19,7
Алтайский край	45917	39511	55774	56484	45000	48537	14,6	12,6	17,3	18,0	15,0	15,5
Красноярский край	21823	26683	26271	28715	24612	25621	23,9	28,8	28,4	34,3	29,1	28,9
Иркутская область	7792	8651	9178	9198	8186	8601	18,7	20,7	22,4	24,3	21,9	21,6
Кемеровская область - Кузбасс	11078	12888	15508	18333	11466	13855	20,1	22,4	25,8	32,4	21,1	24,4
Новосибирская область	24315	25181	33843	33564	22780	27936	17,2	17,8	22,6	23,5	16,4	19,5
Омская область	30517	30342	29375	29164	25111	28902	15,8	15,3	14,7	15,3	12,7	14,8
Томская область	3413	4146	4035	4527	3337	3891	21,2	25,2	24,4	30,8	23,3	25,0
Дальневосточный федеральный округ	9707	10436	12731	14228	14768	12374	20,9	21,9	26,0	29,6	30,3	25,7
Республика Бурятия	865	894	1223	1167	1406	1111	14,1	14,6	18,7	18,7	21,6	17,6
Республика Саха (Якутия)	106	91	93	101	114	101	10,4	10,2	9,6	12,0	11,2	10,7
Забайкальский край	1097	1106	1620	1717	1740	1456	13,1	13,5	15,7	15,3	17,0	14,9
Камчатский край	106	91	93	101	114	101	10,4	10,2	9,6	12,0	11,2	10,7
Приморский край	1	0	1	3	10	3	16,1	25,0	45,3	23,0	19,0	25,7

Продолжение таблицы В

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Хабаровский край	3767	3816	5206	6414	4938	4828	17,9	19,4	20,0	21,1	18,3	19,3
Амурская область	93	167	164	164	146	147	18,1	21,0	23,6	27,3	34,3	24,9
Магаданская область	3619	4183	4260	4468	6163	4539	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сахалинская область	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Еврейская автономная область	54	88	70	95	138	89	13,6	18,9	16,6	18,6	22,9	18,1
Чукотский автономный округ	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Источник: составлено автором по данным ЕМИСС

Приложение Г

Урожайность зерновых культур по основным зернопроизводящим странам и регионам мира

Таблица Г – Урожайность зерновых культур по основным зернопроизводящим странам и регионам мира, ц/га

Регион	Культуры	Годы													2022 в % к 2010
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	14	15	16
Мир	Зерновые в среднем	37,1	39,2	36,3	40,4	43,6	41,7	42,1	43,9	42,4	44,8	43,5	45,4	44,8	120,8
	Ячмень	32,4	33,3	32,4	34,9	36,9	37,7	37,4	39,0	35,5	39,5	39,6	39,7	41,8	129,1
	Гречиха	7,8	10,3	8,8	10,5	10,8	10,4	11,6	11,3	9,8	10,2	10,9	10,1	11,2	143,9
	Кукуруза	61,0	66,7	52,6	63,3	68,9	58,3	67,4	63,9	75,3	72,4	63,9	72,0	58,6	96,1
	Просо	11,6	14,9	11,2	12,9	14,0	14,6	16,5	15,0	12,5	13,8	12,6	16,1	16,1	139,2
	Овес	21,7	23,5	22,1	23,7	24,2	23,7	25,0	25,5	22,8	25,0	27,0	25,2	28,2	130,0
	Рис	60,3	60,4	64,8	62,1	62,0	64,7	63,6	64,5	64,7	64,6	63,8	62,3	57,4	95,3
	Рожь	24,1	25,7	28,2	30,0	30,1	30,6	31,0	31,3	27,4	31,5	36,0	32,3	34,9	145,1
	Сорго	45,0	36,3	25,2	31,9	35,3	31,9	31,6	33,6	46,1	42,5	40,3	40,1	30,3	67,5
	Тритикале	37,2	37,1	39,4	39,6	43,2	40,0	38,8	40,2	35,0	38,2	42,3	40,8	41,3	111,0
Азия	Пшеница	36,1	37,8	35,5	39,1	42,5	41,9	40,3	44,0	40,0	42,7	41,4	42,8	45,1	124,9
	Зерновые в среднем	36,5	38,3	39,0	39,6	39,6	40,6	41,0	41,7	42,3	42,8	42,6	43,1	44,0	120,5
	Ячмень	17,7	19,0	18,4	19,7	17,8	21,7	20,7	20,5	19,8	20,7	19,8	15,8	20,4	115,0
	Гречиха	6,9	9,8	9,2	9,0	7,9	7,5	8,2	8,0	7,9	7,9	8,0	8,1	7,9	114,7
	Кукуруза	46,1	48,2	49,7	50,7	49,9	51,6	52,5	53,1	53,8	55,5	55,5	55,7	57,2	124,1
	Просо	11,5	12,1	10,7	12,3	12,7	13,1	12,0	13,6	13,5	13,0	14,9	15,3	15,1	131,7
	Овес	19,7	29,6	21,5	22,8	20,6	21,3	22,7	21,7	22,1	20,5	21,7	20,0	22,7	115,2
	Рис	44,4	45,6	46,6	46,4	46,7	47,1	47,1	47,7	48,5	48,9	48,6	49,4	49,1	110,5
	Рожь	25,3	30,0	26,6	26,7	24,9	25,8	25,6	27,1	26,0	25,5	26,6	22,9	25,7	101,8
	Сорго	11,0	11,4	12,2	11,8	12,8	11,9	9,5	11,2	13,1	13,4	14,3	16,0	16,0	146,0
Тритикале		19,5	25,9	25,9	24,6	21,1	20,5	22,5	21,8	21,9	22,7	23,7	21,0	23,6	120,7
	Пшеница	28,5	30,5	30,5	31,1	31,6	31,9	32,7	33,3	33,6	34,1	34,2	34,0	35,1	123,2

Продолжение таблицы Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	14	14	15	16
Европа	Зерновые в среднем	37,1	39,2	36,3	40,4	43,6	41,7	42,1	43,9	42,4	44,8	43,5	45,4		44,8	120,8
	Ячмень	32,4	33,3	32,4	34,9	36,9	37,7	37,4	39,0	35,5	39,5	39,6	39,7		41,8	129,1
	Гречиха	7,8	10,3	8,8	10,5	10,8	10,4	11,6	11,3	9,8	10,2	10,9	10,1		11,2	143,9
	Кукуруза	61,0	66,7	52,6	63,3	68,9	58,3	67,4	63,9	75,3	72,4	63,9	72,0		58,6	96,1
	Просо	11,6	14,9	11,2	12,9	14,0	14,6	16,5	15,0	12,5	13,8	12,6	16,1		16,1	139,2
	Овес	21,7	23,5	22,1	23,7	24,2	23,7	25,0	25,5	22,8	25,0	27,0	25,2		28,2	130,0
	Рис	60,3	60,4	64,8	62,1	62,0	64,7	63,6	64,5	64,7	64,6	63,8	62,3		57,4	95,3
	Рожь	24,1	25,7	28,2	30,0	30,1	30,6	31,0	31,3	27,4	31,5	36,0	32,3		34,9	145,1
	Сорго	45,0	36,3	25,2	31,9	35,3	31,9	31,6	33,6	46,1	42,5	40,3	40,1		30,3	67,5
	Тритикале	37,2	37,1	39,4	39,6	43,2	40,0	38,8	40,2	35,0	38,2	42,3	40,8		41,3	111,0
Австралия	Пшеница	36,1	37,8	35,5	39,1	42,5	41,9	40,3	44,0	40,0	42,7	41,4	42,8		45,1	124,9
	Зерновые в среднем	16,6	21,0	22,3	19,4	21,4	20,3	20,8	26,7	20,4	17,7	16,5	25,5		28,8	173,4
	Ячмень	17,8	21,7	22,1	20,5	24,1	21,2	21,9	27,9	22,4	19,9	20,1	26,7		28,2	158,7
	Кукуруза	55,6	57,4	64,7	64,4	74,6	83,0	75,1	64,4	73,4	55,5	70,9	66,8		81,7	147,0
	Просо	10,1	10,2	10,1	10,1	10,2	10,2	10,2	10,2	10,3	10,2	10,2	10,2		10,2	100,9
	Овес	13,7	13,7	17,3	15,4	17,6	14,0	15,8	22,0	14,0	12,1	14,0	17,7		20,6	150,7
	Рис	103,9	95,4	89,1	102,2	106,8	99,1	102,9	98,2	103,9	87,7	100,3	93,8		110,5	106,4
	Рожь	6,2	6,3	6,7	6,5	6,6	6,8	6,9	7,5	7,1	7,0	7,0	6,9		7,0	113,0
	Сорго	30,3	30,6	34,0	34,4	24,1	30,2	34,4	27,0	27,2	21,1	19,5	28,6		42,6	140,7
	Тритикале	15,6	19,0	19,7	17,3	15,7	17,5	16,2	24,3	15,7	12,3	10,6	17,8		18,9	121,5
Бразилия	Пшеница	15,7	20,3	21,5	17,6	20,1	19,2	19,7	26,1	19,2	16,9	14,7	25,2		28,5	181,0
	Зерновые в среднем	40,4	40,4	45,8	48,3	46,4	50,0	41,8	52,1	48,1	53,2	52,6	44,8		49,0	121,3
	Ячмень	33,1	34,4	25,8	37,4	28,1	21,6	41,7	24,9	32,6	35,9	37,1	39,3		40,3	121,6
	Гречиха	11,9	12,4	12,8	12,9	13,1	13,1	13,2	13,3	13,3	13,5	13,7	13,8		13,7	114,9
	Кукуруза	43,7	42,1	50,1	52,5	51,8	55,4	42,9	56,2	51,1	57,7	57,0	46,5		52,0	119,1
	Овес	22,8	21,7	20,7	22,9	18,1	17,0	26,4	16,8	20,5	20,7	18,9	21,8		23,4	103,0
	Рис	41,3	49,0	47,9	50,1	52,0	57,5	54,6	62,1	63,1	60,6	66,1	69,0		66,4	160,8
	Рожь	13,5	15,0	14,0	15,3	14,4	13,6	18,7	13,6	16,9	18,3	17,3	19,3		20,1	148,9
	Сорго	23,2	25,5	29,3	26,8	27,1	29,1	20,7	29,9	28,5	32,7	31,4	28,2		28,0	120,9
	Тритикале	24,6	22,8	24,9	24,6	22,4	21,8	27,1	22,4	25,3	26,3	25,3	26,3		34,5	140,4
	Пшеница	28,3	26,6	23,1	27,5	22,1	22,3	31,6	22,8	26,3	26,6	26,1	28,6		32,7	115,4

Продолжение таблицы Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	14	15	16
Индия	Зерновые в среднем	26,8	28,6	29,6	29,8	29,7	28,5	30,0	31,3	32,8	34,2	33,8	35,0	35,7	133,3
	Ячмень	21,7	23,6	25,2	25,2	27,2	22,8	24,4	26,6	26,9	28,4	29,2	28,0	30,3	139,3
	Кукуруза	25,4	24,8	25,6	25,7	25,7	26,1	26,0	26,9	30,7	30,7	30,1	32,0	33,9	133,3
	Просо	11,3	11,9	10,0	11,9	11,8	12,8	11,6	12,7	12,6	12,1	13,9	14,3	14,0	123,8
	Рис	33,6	35,9	36,9	36,2	35,9	36,0	37,4	38,6	39,6	40,8	40,7	42,0	42,3	125,9
	Сорго	8,6	9,5	9,6	8,5	9,6	8,8	7,0	8,1	9,6	8,5	9,9	11,0	10,9	126,9
	Пшеница	28,4	29,9	31,8	31,5	31,5	27,5	30,3	32,0	33,7	35,3	34,4	35,2	35,4	124,6
Канада	Зерновые в среднем	35,0	35,5	34,6	41,6	36,5	36,7	42,4	41,0	39,1	40,1	40,9	31,2	40,8	116,5
	Ячмень	31,9	32,9	29,0	38,3	32,8	35,1	39,0	37,3	35,0	38,1	38,2	22,7	37,9	118,9
	Гречиха	0,0	0,0	10,4	10,4	10,4	0,0	6,1	9,3	11,8	13,0	9,1	14,1	9,3	89,4*
	Кукуруза	97,5	89,3	91,6	95,5	92,9	102,1	98,3	100,2	97,0	92,4	96,3	100,0	100,7	103,3
	Овес	27,5	29,1	28,2	34,8	31,7	32,7	34,9	35,5	34,2	36,2	34,8	23,9	37,3	135,6
	Рожь	24,4	25,2	28,2	25,7	24,7	23,9	31,2	33,9	29,9	32,5	31,9	32,2	34,2	140,2
	Тритикале	29,7	23,7	27,4	26,0	26,0	24,7	32,8	27,0	30,0	27,0	23,2	20,6	20,2	68,1
Китай	Пшеница	28,1	29,6	28,7	36,0	30,8	28,9	35,8	33,8	32,7	33,8	35,4	24,4	34,1	121,3
	Зерновые в среднем	55,3	57,1	58,3	59,0	59,0	59,9	60,2	61,1	61,2	62,6	63,0	63,2	63,8	115,4
	Ячмень	34,0	32,0	33,2	36,5	38,7	41,8	37,5	32,9	40,0	39,4	40,0	39,4	40,0	117,6
	Гречиха	7,1	10,4	9,6	9,1	8,1	7,6	8,3	8,0	8,0	8,1	8,1	8,1	8,1	113,3
	Кукуруза	54,6	57,5	58,7	60,2	58,1	58,9	59,7	61,1	61,0	63,2	63,2	62,9	64,4	117,9
	Просо	19,5	21,0	24,4	24,4	30,4	23,4	25,3	29,6	30,1	25,6	31,0	30,0	30,0	154,2
	Овес	29,5	43,5	31,6	34,3	31,3	33,2	33,0	34,2	34,1	34,4	34,2	34,5	34,9	118,2
США	Рис	65,5	66,9	67,7	67,1	68,1	68,9	68,6	69,1	70,3	70,6	70,4	71,1	70,8	108,1
	Рожь	31,7	37,5	34,2	34,4	30,6	31,0	32,1	31,6	30,5	30,2	32,3	30,9	30,7	96,9
	Сорго	44,8	40,9	40,9	49,5	46,5	47,8	46,3	48,5	47,0	48,9	46,7	47,3	48,1	107,4
	Тритикале	17,5	24,8	24,9	23,0	19,3	18,0	20,5	19,3	18,8	19,3	19,5	19,4	19,3	110,5
	Пшеница	47,5	48,4	49,9	50,6	52,4	53,9	54,0	54,8	54,2	56,3	57,4	58,1	58,6	123,3
	Ячмень	34,0	32,0	33,2	36,5	38,7	41,8	37,5	32,9	40,0	39,4	40,0	39,4	40,0	117,6
	Зерновые в среднем	69,8	68,0	59,1	73,0	76,4	74,3	86,1	82,8	82,0	80,1	81,4	82,5	80,7	115,7
США	Ячмень	39,3	37,2	36,0	38,4	39,1	37,1	41,9	39,3	41,7	41,8	41,5	32,5	38,6	98,0
	Гречиха	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,2	10,4	10,3	101,2

Продолжение таблицы Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	14	15	16
	Кукуруза	95,8	92,1	77,3	99,3	107,3	105,7	117,4	110,8	110,7	105,1	107,6	110,9	108,8	113,6
	Просо	17,8	15,2	8,4	16,2	17,6	19,0	20,4	20,7	16,7	20,0	10,5	13,0	10,4	58,4
	Овес	23,2	20,5	21,9	23,0	24,3	25,2	23,7	22,1	23,3	23,1	23,4	22,0	23,2	100,3
	Рис	75,4	79,2	83,7	86,2	84,9	83,7	81,1	84,1	86,2	83,8	85,4	86,4	82,8	109,8
	Рожь	17,4	15,9	16,4	17,2	17,5	20,0	17,5	21,4	19,4	21,5	21,9	20,9	22,6	130,2
	Сорго	45,1	33,9	31,1	37,4	42,4	47,7	48,9	45,0	45,3	45,8	45,9	43,3	25,8	57,2
	Пшеница	31,2	29,4	31,2	31,7	29,4	29,3	35,4	31,2	32,0	34,7	33,4	29,8	31,3	100,3

*2022 к 2012 в %

Источник: составлено автором по данным ФАО

Приложение Д

Обзор научных работ, посвященных интеллектуализации фитосанитарного мониторинга и диагностики болезней зерновых культур

Таблица Д – Точность распознавания болезней зерновых культур с использованием сверточных нейронных сетей

Источник	Культура	Выборка	Архитектура CNN	Трансферное обучение	Лучшая Ассигуа, %
1	2	3	4	5	6
<i>Зерновые культуры</i>					
Lu [263]	Рис	Собственная. Объем – 500 изображений.	AlexNet	Нет	95,48
Picon [255]	Пшеница	Собственная – 3637 изображений	ResNet-50	Да	97
DeChant [248]	Кукуруза	Собственная. Объем – 1796 изображений.	Собственная трехшаговая архитектура	Нет	96,7
Янишевская [238]	Пшеница	Открытый датасет CGIAR. Общий объем – 668 изображений.	ResNet50, DenseNet169, VGG16 и EfficientNet-B0.	Да	91 (F-мера)
Hossen [288]	Пшеница	Получена из различных открытых источников (Kaggle, Github). Общий объем – 4800 изображений	Собственная сверточная архитектура	Нет	98,84
Lu [242]	Пшеница	Закрытый датасет WDD 2017 (база данных болезней пшеницы). Общий объем – 9230 изображений	VGG-FCN-VD16, VGG-FCN-S	Нет	97,95

1	2	3	4	5	6
Aboneh [251]	Пшеница	Открытый репозиторий болезней растений mundi.com. Общий объем – 1500 изображений.	Inceptionv3, Resnet50, and VGG16/19	Да	99,38
Goyal [268]	Пшеница	40% данных собрано самостоятельно в полевых условиях, 60% – из открытых репозиториях. Общий объем – 12000 изображений.	Собственная сверточная архитектура, VGG-16, ResNet-50	Нет	97,88
Tejaswini [279]	Рис	Открытый репозиторий. Объем – 1200 изображений	VGG-19, VGG-16, ResNet	Нет	78,2
Purbasari [276]	Рис	Данные из открытого репозитория, включая Лу [129]. Общий объем – 2239 изображений.	Собственная сверточная архитектура	Нет	91
Ghosal [261]	Рис	Получены самостоятельно в полевых условиях. Общий объем – 2157 изображений.	VGG-16	Да	92,46
Syarief [282]	Кукуруза	Данные из открытого репозитория. Общий объем – 200 изображений	VGG-16, VGG-19, GoogleNet, Inception-V3, ResNet50, ResNet101	Нет	95,08
Liu [277]	Кукуруза	Открытый репозиторий (GitHub). Общий объем – 1122 изображения.	Каскадная архитектура на основе ResNet-50	Да	99,7
Mishra [269]	Кукуруза	Plant Village (часть)	Собственная сверточная архитектура	Да	98,4
Gao [257]	Пшеница	Собрано авторами. Общий объем – 238 изображений.	VGG16, ResNet50, MobileNetV1	Да	98,42

Продолжение таблицы Д

1	2	3	4	5	6
Picon [253]	Пшеница Ячмень Рис Кукуруза	Собственная изображений	ResNet-50	Да	98
<i>Зерновые культуры в группе с плодово-ягодными/овощными</i>					
Brahimi [256]	14 видов различных культур	Plant Village (часть)	AlexNet, DenseNet-169, Inception v3, ResNet-34, SqueezeNet-1, VGG13	Две стратегии трансферного обучения и одна с нуля	99,76
Mohanty [270]	14 различных культур	Plant Village	AlexNet, GoogLeNet	Две стратегии обучения (трансферное и с нуля)	99,3
Ferentinos [260]	25 видов различных культур	Plant Village	AlexNet, AlexNetOWTB, GoogLeNet, Overfeat, VGG	Нет	99,53
Too [239]	14 видов культур	Plant Village	VGG 16, Inception V4, ResNet - 50, 101,152, DenseNet - 121	Да	99,75
Ужинский [274]	25 видов культур	Получена из различных источников. Общий объем – 935 изображений	Собственная архитектура на основе сиамской сети	Да	97,8

Источник: составлено автором на основе обзора научной литературы

Приложение Е

Структура консультационной поддержки сельскохозяйственных производителей

Таблица Е – Виды информационно-консультационной поддержки сельскохозяйственных производителей в субъектах Российской Федерации, 2021–2022 гг.

Субъект Российской Федерации	Всего, консультационных услуг	в том числе																
		Растениеводство	Животноводство	Механизация	Переработка продукции	Экономика и организация производства	Кредитование	Маркетинг	Бухгалтерский учет	Правовые вопросы	Экология	Строительство	Информатизация	Социальное развитие села	Сельский туризм	Альтернативная занятость населения	Государственная поддержка	Другие направления
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Москва	32	16	10	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Санкт-Петербург	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Белгородская обл.	28517	9038	4133	1398	1481	3742	859	931	1394	1092	208	325	161	112	419	179	1581	1464
Брянская обл.	5266	628	268	251	838	213	809	134	108	137	67	176	178	316	300	248	397	198
Воронежская обл.	38959	9234	6556	2637	121	3607	540	362	4900	1874	776	591	174	1405	10	161	5007	1004
Ивановская обл.	359	0	0	0	0	26	0	63	95	0	0	0	0	0	0	0	170	5
Калужская обл.	166	0	32	0	3	17	3	0	0	8	0	0	10	0	3	0	60	30
Рязанская обл.	323	49	49	15	1	22	7	3	5	15	2	0	64	3	1	2	63	22
Орловская обл.	88	0	0	1	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	75	4
Костромская обл.	65	14	16	0	1	1	2	1	3	0	0	2	0	3	3	1	18	0
Курская обл.	123	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	79	42
Липецкая обл.	155	20	10	40	0	0	0	0	0	6	0	0	14	0	0	0	0	65

Продолжение таблицы Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Московская обл.	2997	13	7	12	14	0	2	0	2	0	4	0	1	0	303	101	2339	199
Смоленская обл.	418	59	60	74	28	42	0	0	25	12	6	0	0	14	16	3	2	77
Тамбовская обл.	225	0	0	0	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Тверская обл.	16755	3010	2754	1410	296	966	756	366	2126	704	172	179	816	316	183	420	2281	0
Ярославская обл.	2363	215	692	0	0	747	0	10	25	0	0	0	25	0	10	0	585	54
Вологодская обл.	1602	142	221	89	6	129	14	291	45	52	0	16	33	1	1	3	398	161
Республика Карелия	536	0	0	0	0	126	0	0	126	81	0	0	0	0	0	0	86	117
Республика Коми	836	119	229	45	39	3	53	16	35	15	0	0	1	0	0	113	90	78
Калининградская обл.	1702	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	1651
Ленинградская обл.	1374	0	868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	380	6
Новгородская обл.	2868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2868
Псковская обл.	124	23	19	8	11	12	0	5	3	0	2	0	3	5	0	9	0	24
Ненецкий автономный округ	113	8	16	0	9	36	0	5	0	23	0	16	0	0	0	0	0	0
Астраханская обл.	567	21	0	0	0	298	32	0	32	0	0	0	0	0	0	0	137	47
Республика Калмыкия	21064	3109	737	109	280	99	51	81	7	0	29	4	201	61	11	981 4	6378	93
Республика Крым	610	44	37	8	0	16	0	16	15	27	0	0	0	0	4	0	258	185
Краснодарский край	29191	2166	1727	1510	243	345	285	185	1288	1323	3272	28	817	111	13	335	3842	1170 1

Продолжение таблицы Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Волгоградская обл.	1690	14	190	24	20	67	7	34	24	1	120	39	66	82	4	30	18	950
Ростовская обл.	265	141	17	6	14	8	0	0	1	0	1	0	2	1	0	0	0	74
Республика Дагестан	2873	301	454	34	94	98	175	107	178	140	4	80	122	130	29	48	618	261
Республика Ингушетия	1133	91	97	21	94	77	86	69	90	103	27	24	22	52	0	36	152	92
Ставропольский край	21889	8889	4270	924	558	698	1446	290	1892	520	347	131	29	243	0	716	0	936
Чеченская Республика	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640	0
Республика Башкортостан	11328	0	51	0	649	2131	0	502	1335	109	0	0	436	0	0	41	6047	27
Республика Марий Эл	76	20	31	2	0	13	0	0	0	1	0	0	0	8	0	0	1	0
Республика Мордовия	172	24	34	0	5	2	0	10	24	15	0	0	0	0	2	0	55	1
Республика Татарстан	488	29	39	5	39	35	0	51	16	36	0	0	0	62	0	0	27	149
Удмуртская Республика	1514	196	253	203	41	59	59	0	135	44	0	0	61	2	0	0	359	102
Чувашская Республика	1313	235	369	98	0	184	0	93	1	4	0	0	0	0	0	0	0	329
Кировская обл.	5079	1622	2307	1	0	16	0	77	242	183	12	0	14	0	0	0	568	37
Нижегородская обл.	17513	1418	380	0	0	7930	409	62	706	1651	0	0	129	0	0	0	1029	3799
Оренбургская обл.	476	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	421	0
Пензенская обл.	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Самарская обл.	4046	745	1491	181	19	36	22	142	318	363	4	0	1	5	0	1	712	6
Саратовская обл.	1320	281	86	63	31	53	14	13	73	69	0	0	34	38	14	7	267	277

Продолжение таблицы Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Еврейская автономная область	3576	506	141	93	4	157	80	407	725	153	13	48	134	70	2	66	919	58
Магаданская обл.	340	17	40	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	244	37
Всего	261256	43623	35572	9665	5179	23509	6381	4608	20837	10584	5108	1680	4304	3136	1381	12482	44098	29109

Источник: составлено автором на основе [129]

Приложение Ж

Процессные модели организации фитосанитарного мониторинга зернового поля

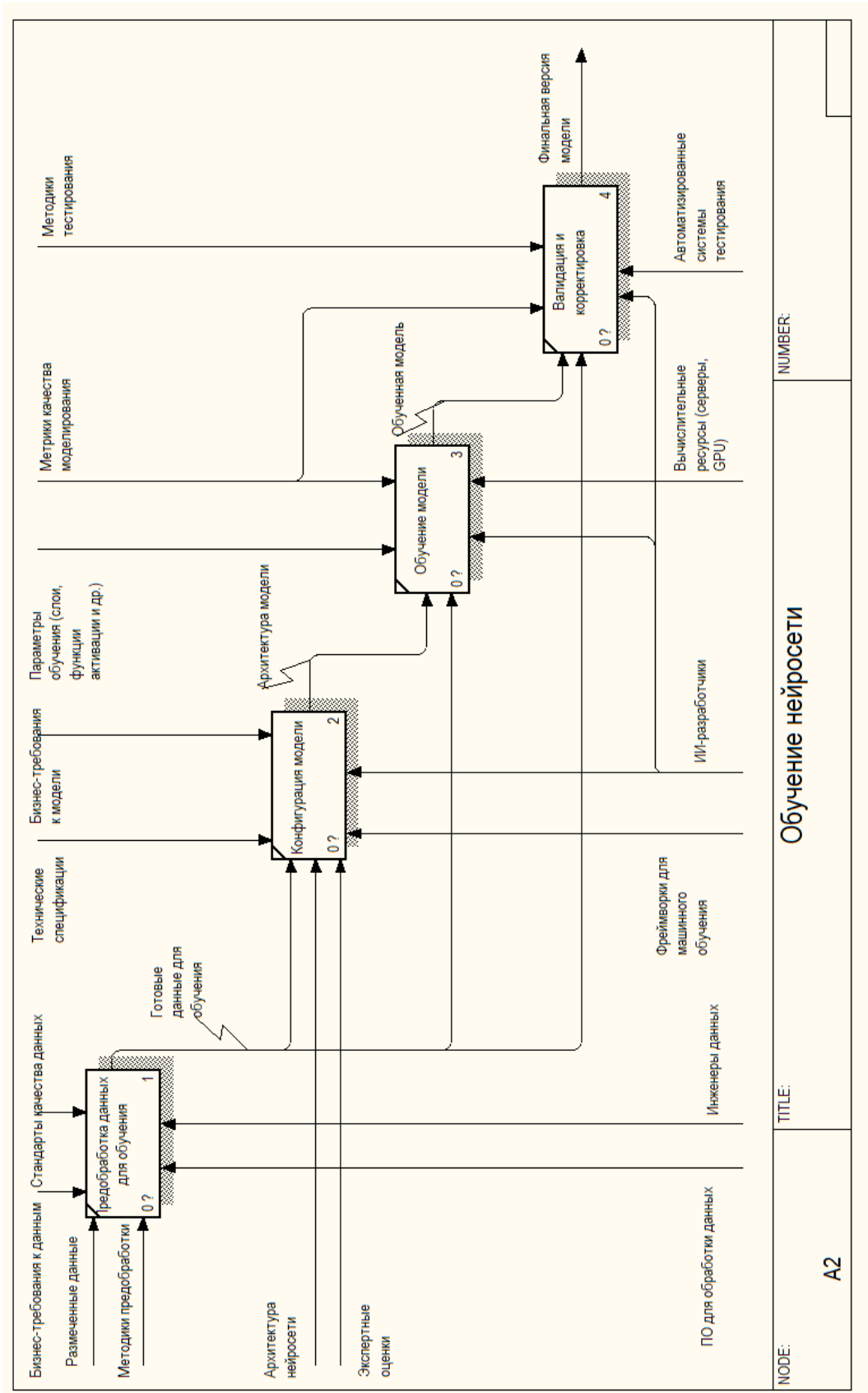


Рисунок Ж.1 – Бизнес-процесс обучения нейросетевой модели мониторинга

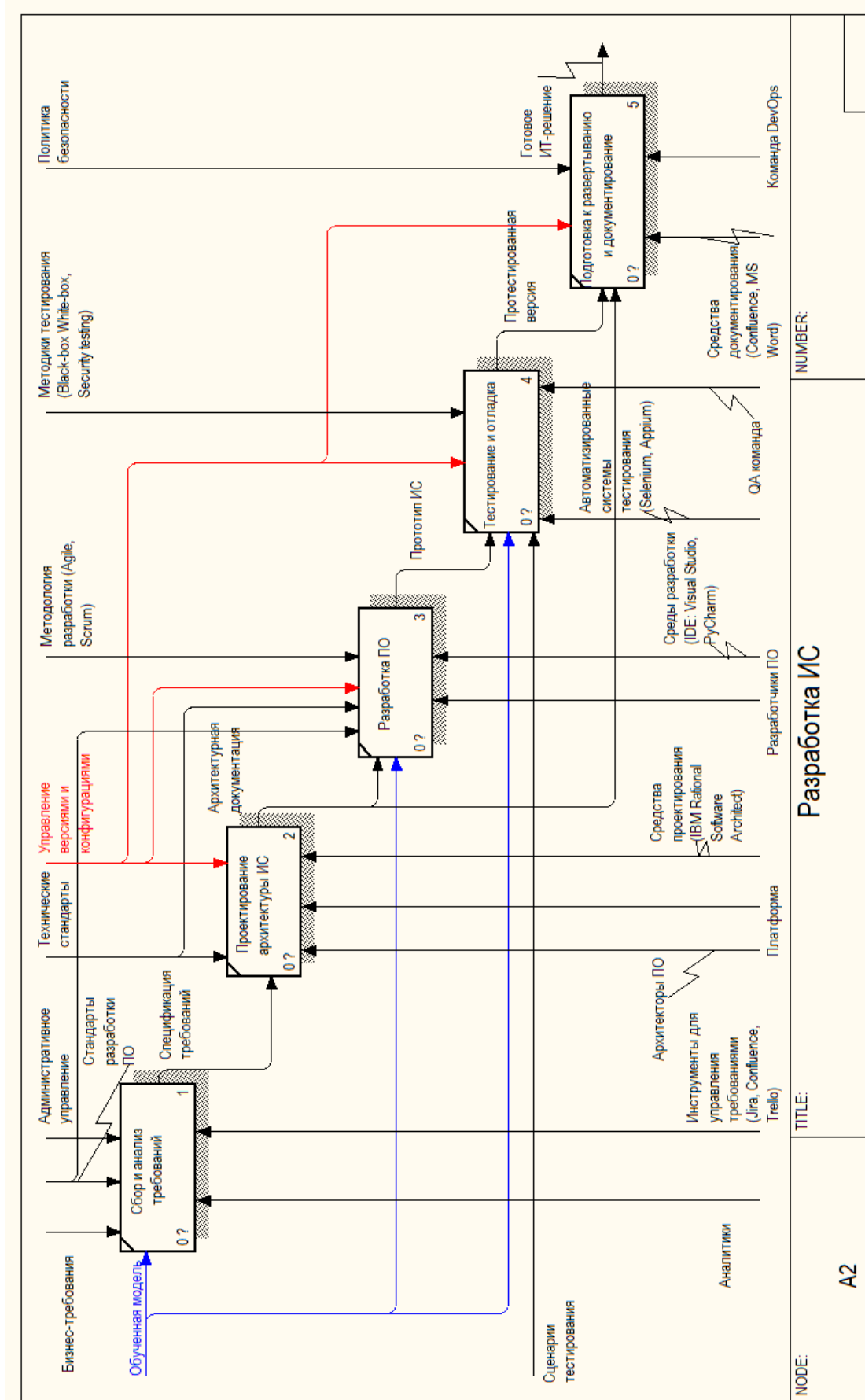


Рисунок Ж.2 – Бизнес-процесс разработки информационной системы мониторинга зернового поля

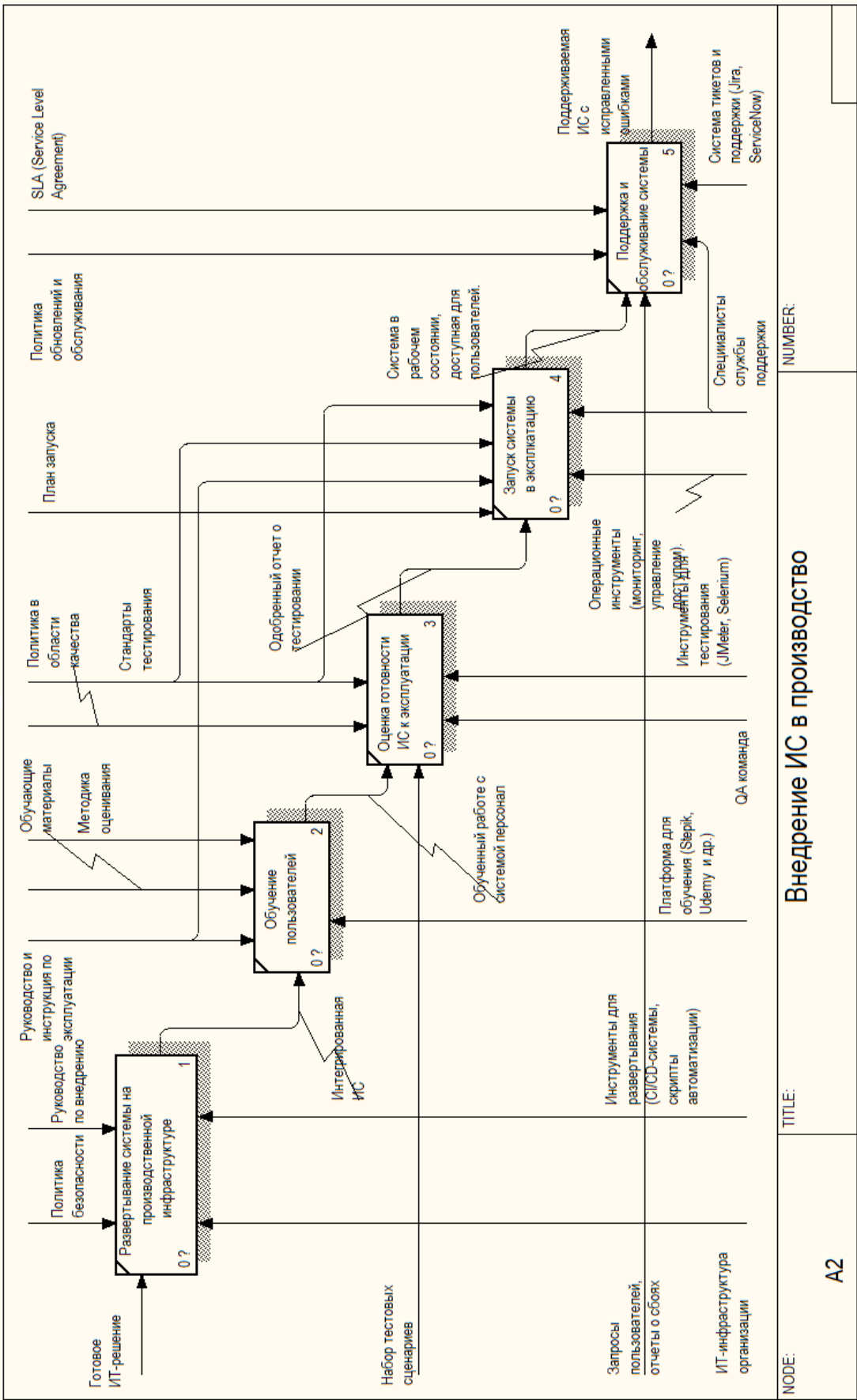


Рисунок Ж.3 – Бизнес-процесс внедрения информационной системы в производство

Источник: разработано автором

Приложение 3

Результаты применения различных нейросетевых архитектур в диагностике болезней зерновых культур

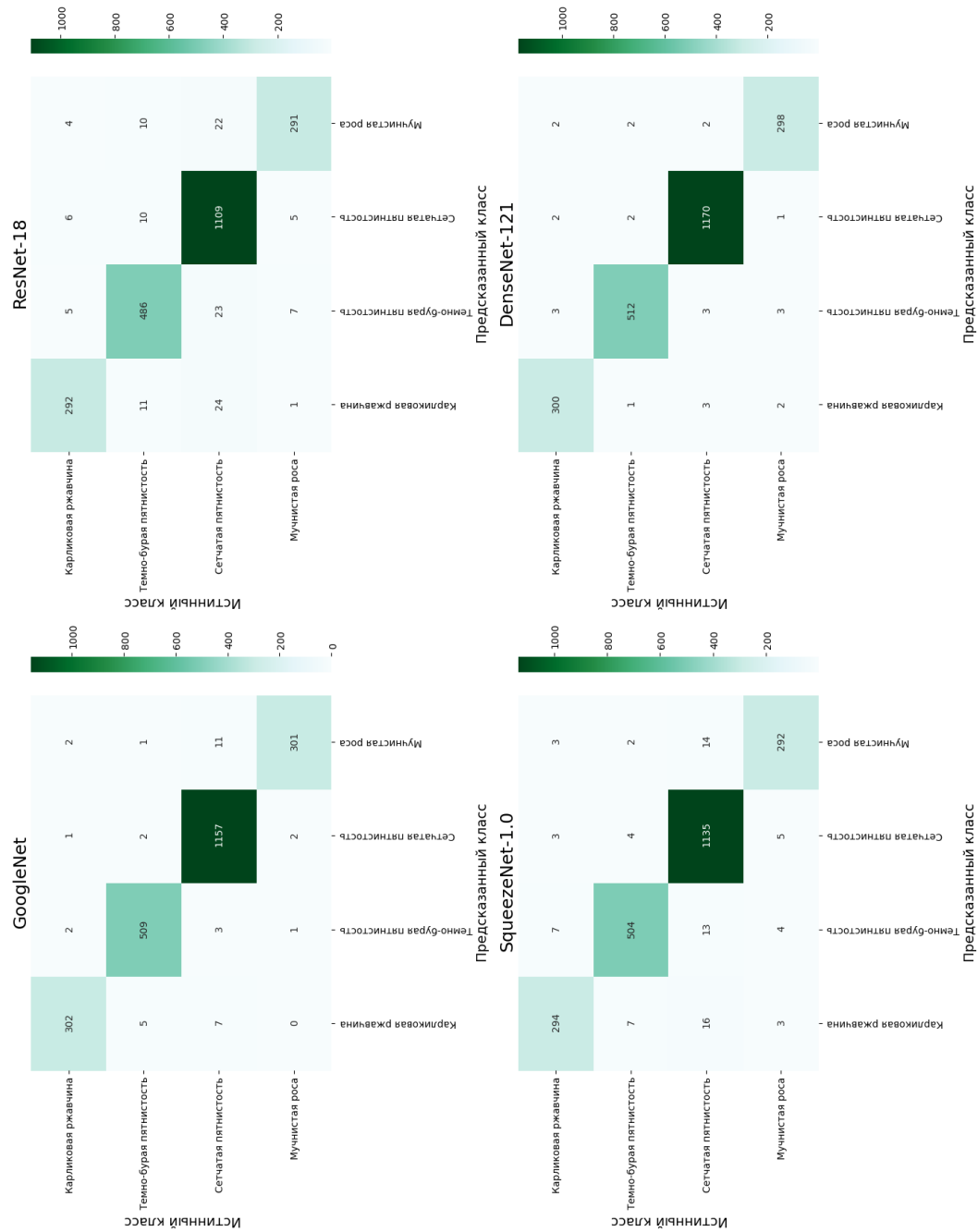


Рисунок 3.1 – Матрицы ошибок нейросетевых моделей при классификации болезней ячменя на обучающей выборке

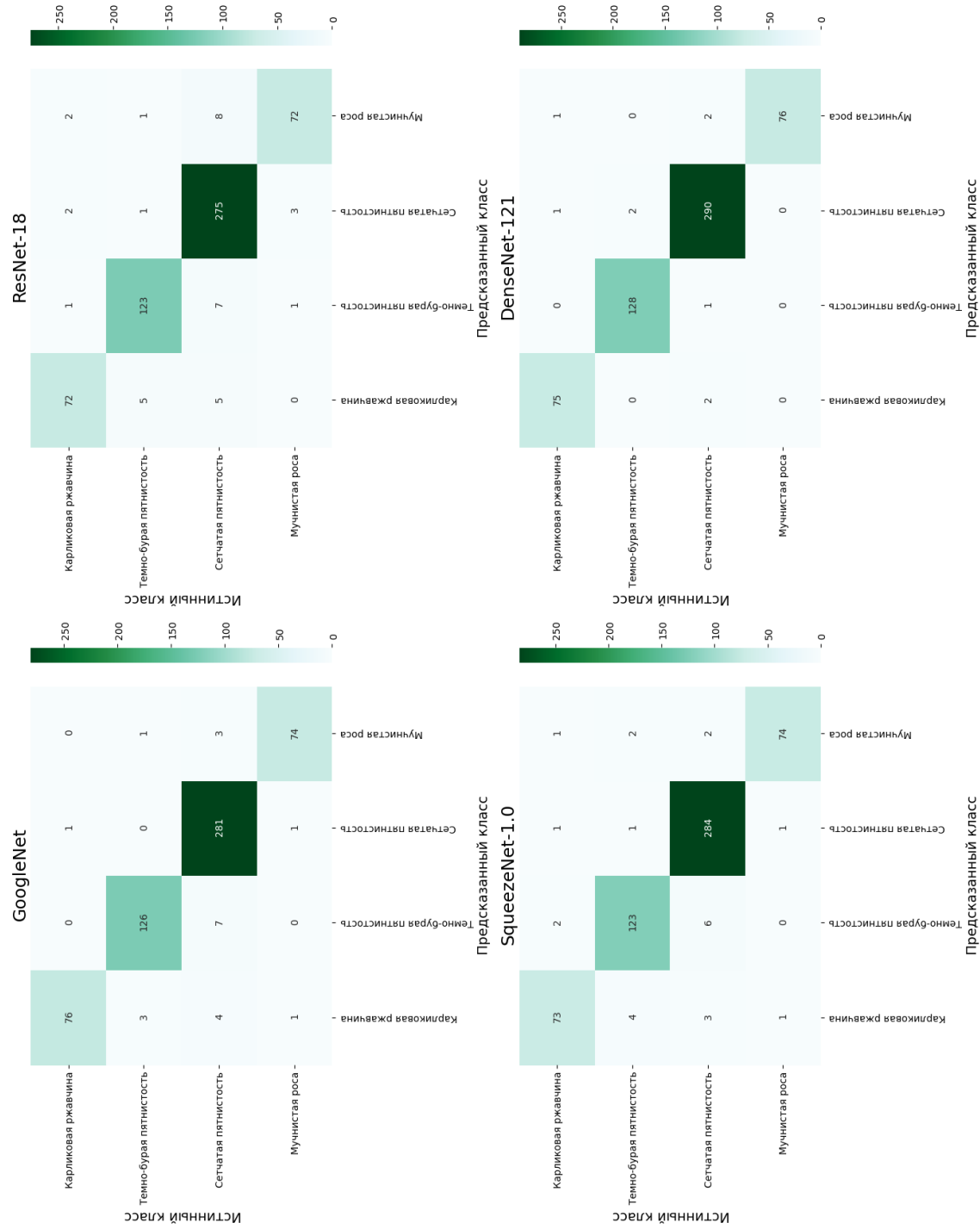


Рисунок 3.2 – Матрицы ошибок нейросетевых моделей при классификации болезней ячменя на тестовой выборке

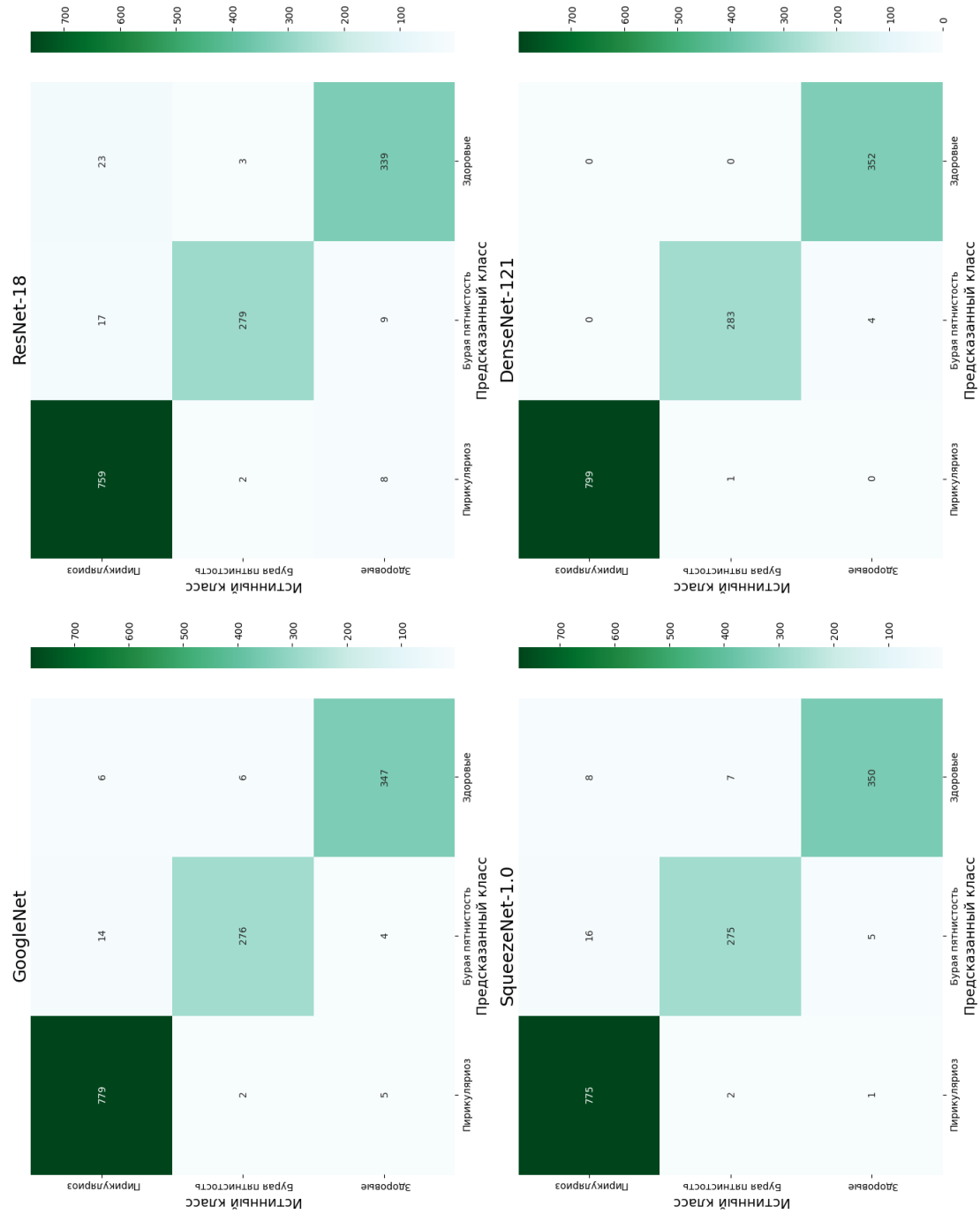


Рисунок 3.3 — Матрицы ошибок нейросетевых моделей при классификации болезней риса на обучающей выборке

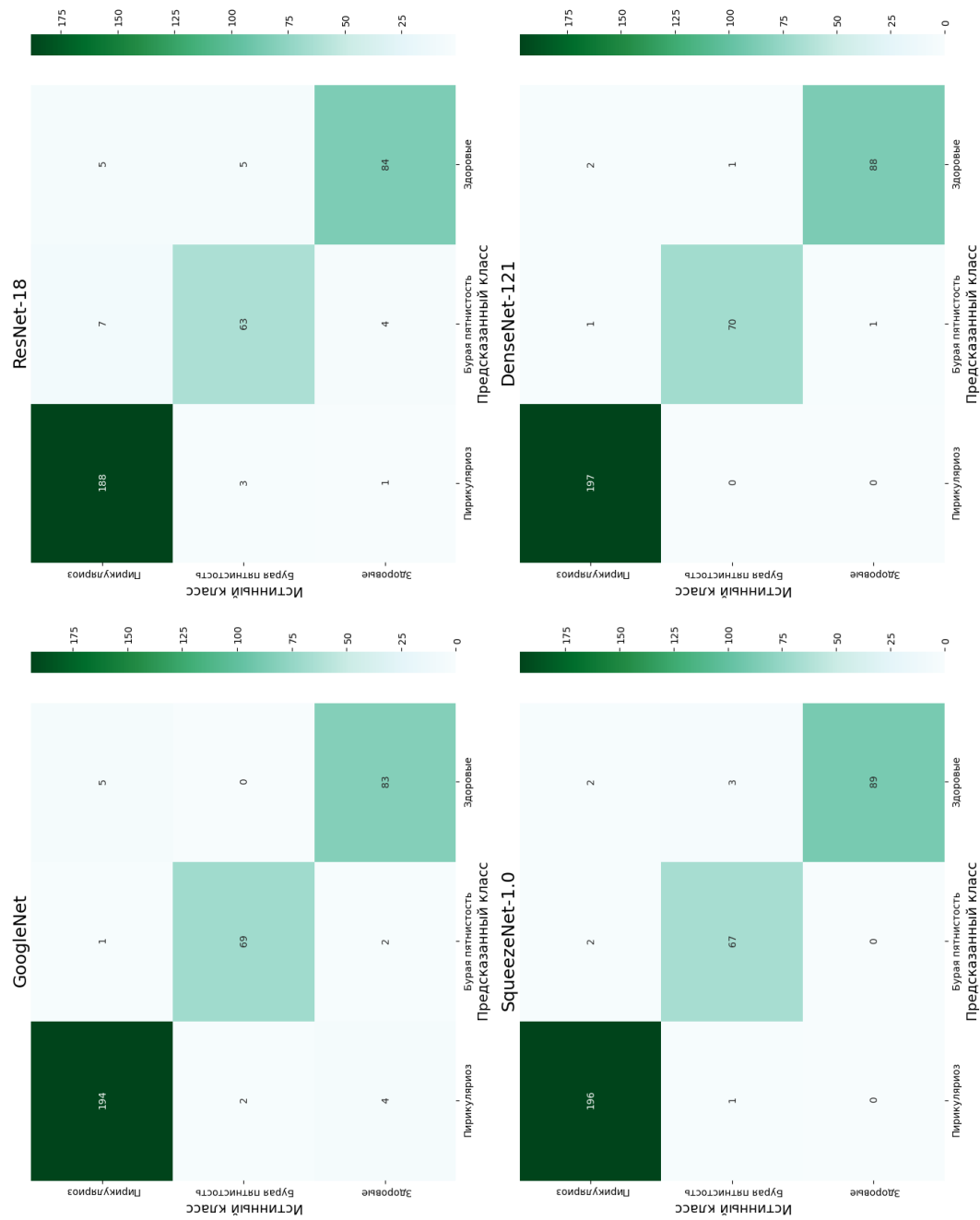


Рисунок 3.4 — Матрицы ошибок нейросетевых моделей при классификации болезней риса на тестовой выборке

Приложение И

Алгоритмы обучения ИИ-моделей диагностики болезней зерновых культур

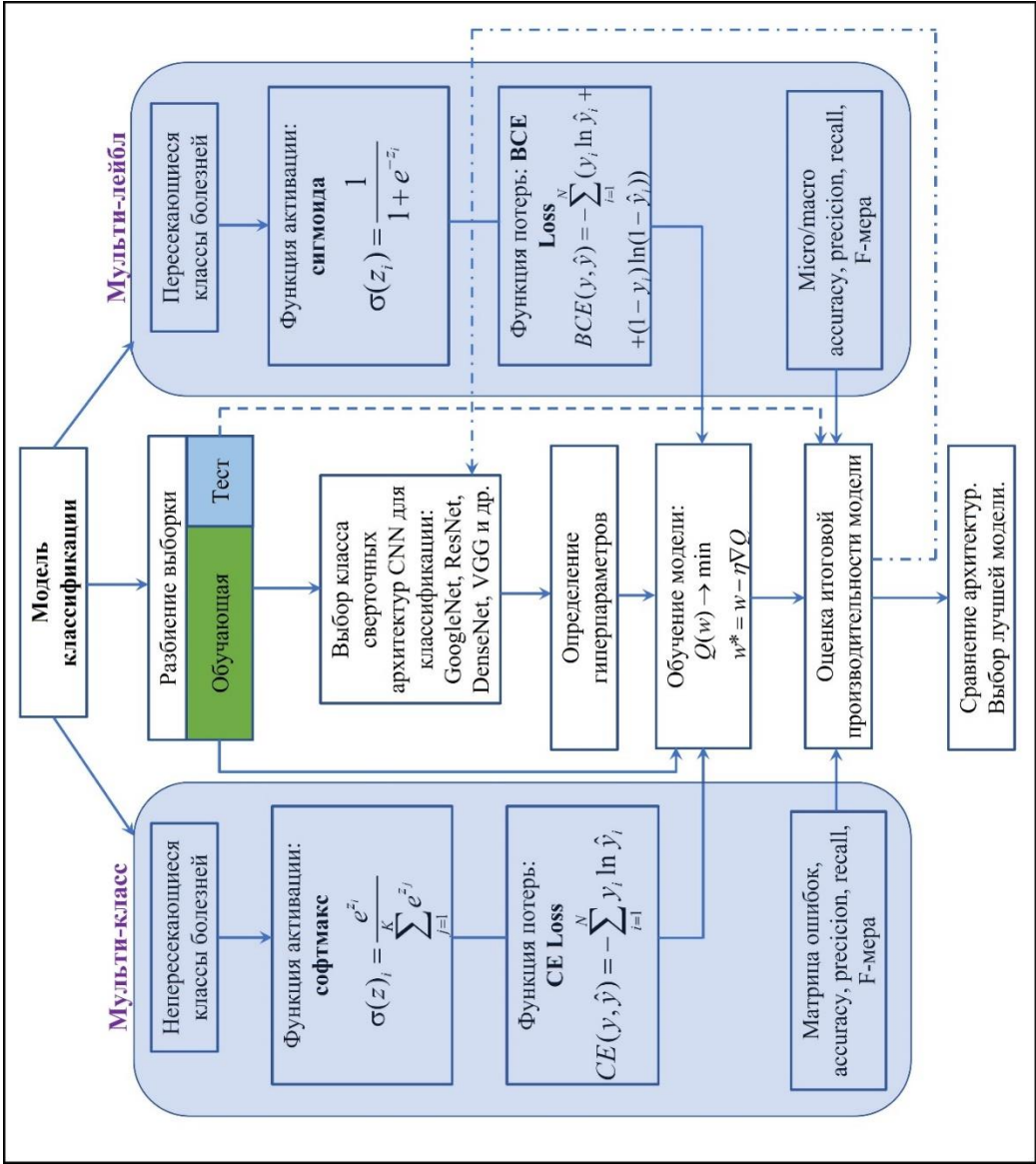


Рисунок И.1 – Алгоритм обучения модели классификации

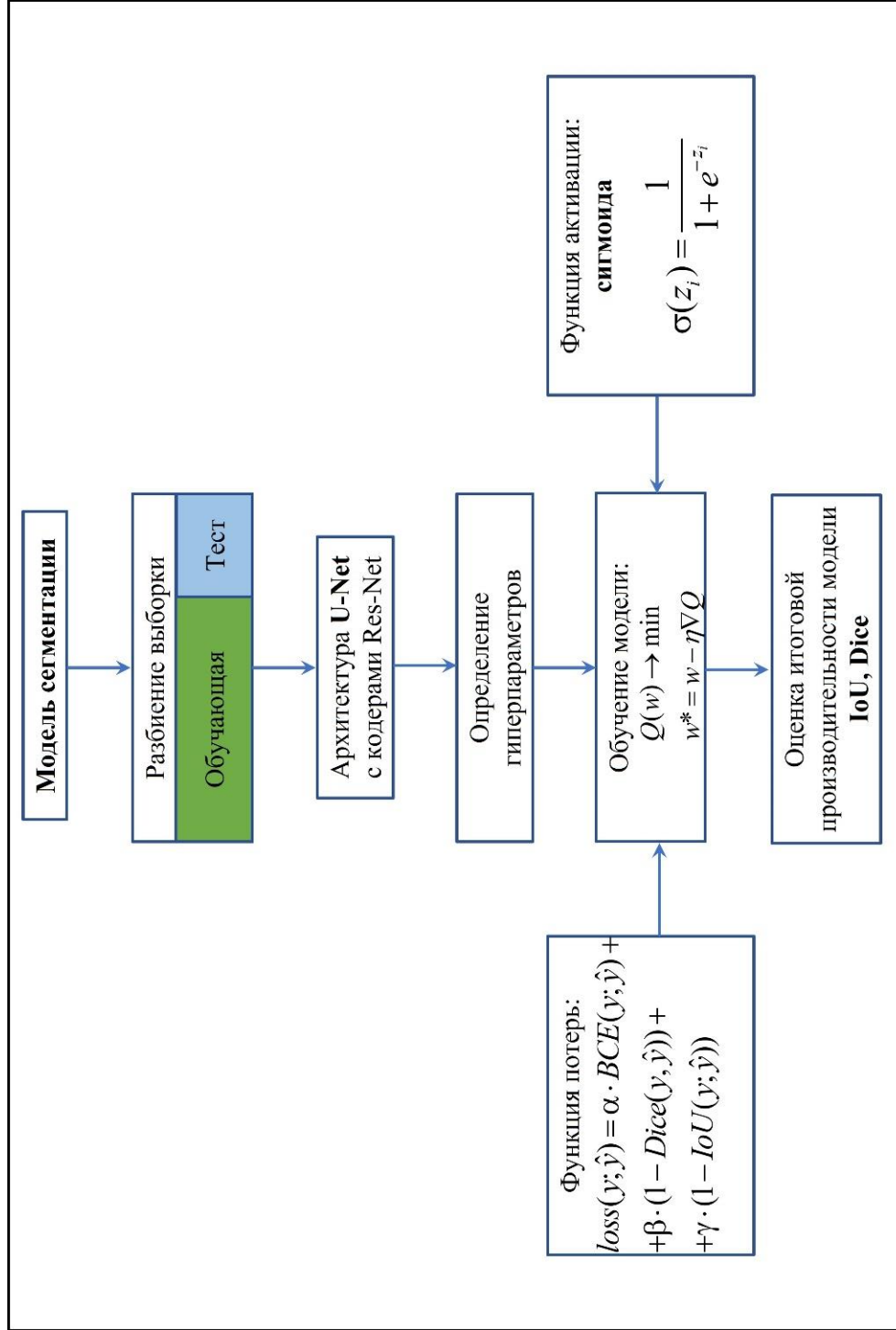


Рисунок И.2 – Алгоритм обучения модели сегментации

Источник: разработано автором

Приложение К

Использование элементов точного земледелия в регионах Российской Федерации

Таблица К – Число хозяйств и общая площадь, на которой в регионах России используются элементы точного земледелия, 2022-2023 гг.

Регион	Число хозяйств		Общая площадь, га		Число хозяйств		Общая площадь, га	
	2020		2020		2023		2023	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Республика Башкортостан	144	876 521	187	1 027 892				
Белгородская область	75	911 455	156	986 772				
Волгоградская область	257	1 204 749	70	764 791				
Пензенская область	53	511 519	48	529 834				
Тюменская область	81	521 253	87	513 222				
Амурская область	102	641 448	54	466 147				
Удмуртская Республика	87	282 942	113	446 848				
Самарская область	х	х	76	378 457				
Республика Марий Эл	15	105 515	х	336 000				
Воронежская область	211	1 329 511	82	250 805				
Пермский край	21	88 972	129	249 816				
Свердловская область	50	226 621	43	223 859				
Брянская область	44	84 407	69	191 759				
Приморский край	12	90 681	53	187 986				
Вологодская область	45	161 651	48	176 350				
Новосибирская область	125	797 359	11	165 007				
Калининградская область	х	х	15	148 840				
Курганская область	90	449 696	22	144 365				
Псковская область	17	50 079	17	57 204				
Тверская область	19	33 955	12	54 109				
Республика Крым	17	61 244	10	43 451				
Иркутская область	17	20 508	х	33 601				
Владимирская область	х	х	х	28 141				
Забайкальский край	1	32 000	х	22 552				

Продолжение таблицы К

1	2	3	4	5
Архангельская область	11	23 593	x	20 534
Астраханская область	x	x	x	12 038
Республика Бурятия	3	3 137	x	4 920
Республика Адыгея	12	53 381	x	2 560
Севастополь	1	1 500	x	1 200
Краснодарский край	250	1 220 224	x	x
Ленинградская область	16	27 958	x	x
Курская область	15	103 673	x	x
Алтайский край	114	653 920	x	x
Орловская область	112	478 188	x	x
Костромская область	14	23 767	x	x
Томская область	14	120 870	x	x
Нижегородская область	88	252 239	x	x
Чувашская Республика	8	33 510	x	x
Омская область	85	921 293	x	x
Республика Коми	5	7 553	x	x
Челябинская область	79	449 399	x	x
Республика Карелия	4	15 867	x	x
Еврейский авт. округ	3	4 249	x	x
Кировская область	67	330 063	x	x
Карачаево-Черкесская Респ.	3	15 530	x	x
Московская область	3	7 160	x	x
Республика Алтай	1	x	x	x
Республика Хакасия	1	3 682	x	x
Астраханская область	x	x	x	12 038
Рязанская область	35	259 632	x	x
Кабардино-Балкарская Респ.	33	64 450	x	x
Оренбургская область	31	216 356	x	x

x – данные отсутствуют

Источник: составлено автором на основе [120, 201]

Приложение Л
Структура производственных затрат зерносеющих сельскохозяйственных организаций
Краснодарского края

Таблица Л – Посевная площадь, выход продукции и производственные затраты зерносеющих организаций Краснодарского края, 2023 г.

№ п/п	Посев- ная пло- щадь, га	Выход продук- ции, ц	Производственные затраты, тыс. руб.									
			оплата труда с отчисле- ниями на соц. нужды	семена и посадоч- ный ма- териал	минераль- ные удобрения и другие препараты	средств- ва защи- ты расте- ний	покуп- ная энергия всех видов, кроме нефте- продук- тов	элект ро- энерг ия	нефте- продукты всех видов	содержа- ние основных средств	оплата работ и услуг произ- водствен- ного характера	аморти- зация
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	539	20407	2740	3260	6875	3621	85	85	3872	1444	0	536
2	84	5293	223	437	33	119	0	0	297	218	901	150
3	2349	59222	13747	14083	0	5925	1360	1360	8177	31548	7416	34664
4	5081	317856	21284	27615	52234	16053	291	291	18798	105	87980	331
5	155	7013	2294	668	934	1905	7	7	1373	0	239	0
6	3164	196957	13023	10960	32544	11956	573	573	12195	8244	6656	3809
7	800	38970	3879	3350	7097	1799	0	0	435	1145	7942	2742
8	14027	827378	66227	30379	96683	53639	21338	2306	39180	111418	61937	75579
9	65	3499	1607	460	108	175	245	0	518	99	0	0
10	3965	142742	17513	8617	42469	25224	2240	1817	23788	31938	10184	14176
11	7899	470810	80364	21177	110941	44511	2534	2534	31387	61531	53943	93049

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	4119	224853	50938	20992	50661	23103	2813	2241	9420	27436	9369	16797
13	2772	154817	28214	22341	30403	27434	923	923	9956	11010	26955	14887
14	9035	648453	18883	27157	158317	40599	462	462	38122	44171	5572	127781
15	6114	324574	17817	12867	31427	12471	2719	1768	16319	0	8333	11289
16	133	9325	1836	1000	1623	684	41	37	722	1321	333	564
17	427	8583	2268	473	5024	0	0	0	1042	738	5589	200
18	2042	118356	6711	6478	25525	6707	0	0	5880	0	4224	3395
19	3761	227984	16003	8232	39182	10930	993	668	11655	302	13691	385
20	1443	87927	23348	13064	17094	9207	342	286	8716	9166	4257	6911
21	4922	337990	27682	16823	56764	16051	909	909	15010	12989	8	17879
22	4575	267464	21720	11101	53136	13118	643	582	17319	22846	26651	8513
23	401	20812	228	1641	4364	996	0	0	1634	205	9183	0
24	4344	211424	11855	5312	35768	14395	91	91	14533	8474	31329	12191
25	2649	143490	31334	17837	12848	17823	247	247	7286	10343	12024	15072
26	1959	112266	20752	6098	25790	11492	535	474	7850	10276	6522	6281
27	528	20763	1738	2640	8531	2743	0	0	2478	3224	745	1003
28	1073	62485	6308	3952	11704	8842	0	0	4999	564	1044	1905
29	3298	200913	49112	16436	36627	33878	591	591	12038	14564	0	4269
30	7894	503136	46940	33692	107923	32640	1106	1083	28437	12836	10762	1175
31	35193	2006286	249673	89119	508701	128395	23890	15181	91689	231541	270124	300227
32	4857	282095	49386	9521	65415	26184	1376	1376	17487	23926	24746	20364
33	5462	344445	32405	19800	51995	37225	3903	3903	15738	56383	21598	12808

Продолжение таблицы Л1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
34	2705	158977	26055	7254	26290	10775	0	0	10387	1582	2280	13011
35	5321	252576	10853	22402	73425	17373	1246	1246	12018	411	38339	2613
36	12166	711552	25204	35526	130585	60365	6430	5060	30470	79008	85716	99385
37	8971	553038	22559	35688	90608	61942	89	14	22642	27223	48904	26100
38	5965	336447	64533	21890	83685	35591	7200	5305	26177	20921	15086	16822
39	2692	146121	12248	16140	28361	12226	1217	1217	13991	11146	15483	8229
40	597	29229	1430	3186	7197	3339	1000	1000	1163	1921	3601	0
41	3355	206930	27388	6109	32071	26442	2407	1954	14791	19615	24967	9875
42	178742	9870624	385304	465761	1401742	445724	42125	40000	503425	1386601	1251963	724870
43	7453	442984	14381	25155	106564	34729	0	0	21740	32406	24133	51927
44	310	15353	1348	1302	4967	1440	60	60	846	2670	458	837
45	709	39666	2671	2211	3549	2694	1852	611	1211	116	3722	7707
46	590	39690	8172	2187	8925	1657	199	199	2042	1198	8568	10931
47	3132	159193	4416	12874	25759	8454	297	297	6188	11074	7632	9645
48	2628	166242	7058	25591	52079	23913	497	497	4440	11069	4926	12095
49	2480	123796	23065	8803	24742	8935	1166	1161	11097	10517	29690	17198
50	638	26769	21	1352	0	0	0	0	122	0	7969	4442
51	1507	106567	9493	9662	9219	7747	65	65	3011	14304	9397	7503
52	1943	110143	5488	6999	20234	8942	346	346	5859	4038	529	15041
53	1380	98249	8315	5666	16907	6234	0	0	5045	2775	6750	6737
54	3804	217239	19923	11389	11655	13831	1207	497	7848	9866	3025	23071
55	2226	130768	12238	8943	20029	11849	670	670	8141	9528	887	8539

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
56	282	17480	2609	1661	3741	2657	0	0	1307	372	0	1722
57	76	3983	298	284	782	537	0	0	176	638	710	0
58	2300	148089	5291	9921	13474	9762	604	604	7620	17396	1847	27739
59	277	16167	622	1605	1242	2435	109	109	1190	3412	0	15193
60	1266	64923	5064	6422	5223	3188	2695	2319	2881	4297	0	5721
61	7275	394698	8474	18205	38958	11089	0	0	20393	0	3567	0
62	332	13071	5436	824	2247	838	210	210	706	823	38	2045
63	2040	112764	24879	7069	17262	21551	99	99	12383	7133	1426	4828
64	2779	211809	14349	15618	32884	13879	323	323	15496	20227	11087	12293
65	6965	553769	75058	40833	117003	46133	405	187	51285	117868	6856	52338
66	3311	190298	28225	29758	25997	6467	195	195	35084	7329	6143	0
67	3751	216637	52373	13018	39206	20819	381	285	14340	9178	10038	3580
68	350	7900	5117	3007	1270	981	208	208	1220	2020	270	1208
69	1331	71460	4727	7134	15277	5099	534	534	4275	3977	4065	12281
70	1726	79649	4630	3555	31640	8154	160	126	5801	9326	0	20862
71	1983	112962	20391	8942	19254	17635	1510	1285	9275	12744	13385	24983
72	1217	60358	9344	4602	4529	5294	796	796	5446	7250	9100	9663
73	3109	213529	16539	12821	33179	51277	4947	4858	16509	30313	5508	62952
74	444	25575	3326	775	3991	2931	495	495	1992	833	3330	4961
75	590	28591	2661	2603	8518	1410	0	0	2536	1836	0	13609
76	658	29382	522	524	808	1427	17	15	54	72	25740	111
77	1405	48801	5614	4614	8462	5862	1242	1242	12181	7716	2293	1710

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
78	1010	66351	13286	2161	5473	13386	149	149	2461	0	4300	197
79	13744	879846	27685	56444	163560	73862	0	0	46589	0	37960	0
80	824	47007	4510	3308	9215	2480	52	52	557	720	8718	565
81	12119	722454	87514	33900	184115	41197	12129	12118	26374	43120	54790	74763
82	2689	127785	21170	5286	19503	16588	728	666	11930	6308	2942	17538
83	9301	641854	30688	73446	140115	57698	858	858	31668	88018	81460	38901
84	3085	178625	26175	12872	32344	11240	1261	1197	8715	1861	46007	27920
85	3619	235310	35666	18030	67379	25301	1303	1303	19264	29379	10470	20736
86	4816	248903	11392	11114	59076	20852	81	68	12606	40241	48501	21668
87	4350	280336	10428	10034	48773	12753	862	862	9238	58510	7867	2994
88	5299	352699	47287	20517	62359	26114	1025	1025	19227	14348	61611	18359
89	14617	781129	85977	38446	61192	36133	1406	1406	55266	135450	10024	5183
90	2688	127241	9223	8995	25576	12958	28	28	6847	5979	16808	2815
91	3313	207545	23219	15625	38469	11320	3024	2892	8748	11817	0	10082
92	787	40250	14541	1800	3400	3700	400	250	3950	1664	0	1664
93	1690	119818	1796	2435	17560	6627	97	97	2909	4394	11656	161
94	8538	515567	52267	31029	132708	52400	787	787	26619	104573	56810	15574
95	6045	402276	24202	23114	76512	29640	554	519	21584	31565	12596	17923
96	10744	719502	32241	47517	137748	58253	454	454	44025	0	45354	0
97	79	4556	1394	440	1018	270	193	193	312	338	523	2101
98	44	1692	1409	77	607	815	0	0	147	95	0	241
99	2359	157684	3975	6672	34847	24717	1323	1266	7882	19522	4190	10250

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
100	592	36735	5031	2268	3707	8972	72	72	3271	3849	4765	2542
101	1836	125939	11254	14280	22116	32782	2601	2601	7035	0	43033	4647
102	145	6325	1341	389	1249	1289	18	15	794	1152	325	848
103	351	16073	4999	631	3643	277	0	0	921	450	0	1505
104	1300	80860	113	10700	7500	0	0	0	6000	5150	6150	715
105	150	7680	361	675	1548	0	0	0	843	567	237	364
106	1750	105957	14225	5388	29340	16360	1398	1398	12584	17020	14034	16466
107	2420	135948	7063	9269	27769	8677	444	444	7268	6885	3106	6925
108	4360	326320	40219	26784	68269	33367	4278	4055	23955	20437	5639	65815
109	2069	119986	11133	2533	30858	17021	235	235	10633	7037	25317	6153
110	598	38850	5880	7365	10172	8323	230	118	8113	7359	8100	2460
111	1936	125633	19437	3860	36074	13946	604	604	5698	12218	9162	4625
112	5208	302087	44080	12405	69196	32562	13039	12332	27425	15588	28592	2619
113	791	63880	4598	4439	6198	3873	648	648	4847	6364	3050	14574
114	863	39776	6935	4636	9319	3757	566	556	1913	1676	0	6003
115	283	15196	2491	1315	1377	957	219	219	1055	1561	594	325
116	518	40064	1688	4871	7177	5408	0	0	2270	418	0	6476
117	350	16687	9106	2806	3965	2342	2125	39	475	2058	1736	8671
118	2793	149480	28717	9943	33897	22018	850	850	13965	8361	13448	17493
119	505	18073	4570	6191	5715	3054	570	570	3575	5184	0	0
120	4811	270649	15648	25314	71028	36135	733	181	14205	32899	15170	21856
121	2202	131663	3798	7096	32629	14880	106	106	16086	10237	11279	31170

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
122	1050	53343	1577	4625	10583	2295	45	45	1887	2273	2062	4668
123	2129	129140	13834	9763	30939	16531	1053	1050	10083	10741	6956	31629
124	14548	822152	38404	50857	149472	32293	2240	2240	60005	135857	57502	65678
125	11571	647791	27211	37170	121485	21946	736	736	46607	90259	28648	38857
126	53851	2927095	71113	259833	392710	153355	26557	19128	146859	158752	334204	348492
127	3190	175891	6412	12407	21365	6743	269	269	6413	14214	1184	2199
128	241	12484	128	596	4057	1543	0	0	1390	1918	27	1320
129	822	47859	513	3262	13602	4236	0	0	3671	8578	16746	5056
130	5636	335413	6328	24614	69103	20782	1649	1595	17058	170048	17166	1614
131	120	7201	1286	572	1625	955	0	0	0	0	1676	0
132	3223	140706	5681	12964	35817	15321	3350	3350	24588	23193	9098	6124
133	1317	27987	22223	23545	8025	29388	295	295	480	619	202598	10024
134	77	1550	0	350	580	240	0	0	0	0	1520	0
135	231	13085	1482	291	3829	3045	1047	1047	654	464	0	673
136	441	33378	761	1291	4406	1774	0	0	3601	2143	11072	739
137	4691	305200	6437	37296	99556	31614	810	810	17053	19686	20915	32970
138	3459	183767	27089	22079	36058	35819	0	0	14216	17294	0	6363
139	1976	88566	6861	4938	17198	11358	176	176	6216	11663	1528	6557
140	801	39092	862	4336	8144	0	0	0	2006	502	74	823
141	900	49523	3290	2270	12646	6122	0	0	4893	7949	0	22985
142	155	9996	4945	2205	3483	481	1027	1027	2468	1146	0	1853
143	4212	246706	15768	21922	30949	12854	1299	1299	25296	36281	5770	12504

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
144	181	10360	499	1547	2658	138	0	0	308	681	1207	712
145	1109	63763	7203	7638	9336	5103	406	406	6304	899	521	5511
146	524	28175	5446	1587	3557	2795	195	195	6239	1837	1691	3258
147	710	37205	9414	1815	7212	1712	59	59	2461	1390	0	3658
148	1420	72328	1585	7640	8716	5901	461	461	2396	8564	21701	3148
149	723	39701	483	3267	6685	924	0	0	2789	2852	12915	0
150	3227	213368	2815	7108	30479	21924	846	846	8017	22109	17697	22103
151	405	16853	2044	2489	1360	684	520	520	900	452	0	1743
152	1597	83298	2252	2348	23884	3424	181	181	6444	10318	0	7938
153	11009	597179	61600	53572	141320	65109	888	888	24769	130868	16696	41681
154	2813	178845	39030	9312	26904	21241	2143	2143	26998	26567	10111	28588
155	93	6438	18	10	100	0	7	7	0	0	1244	0
156	6379	347309	6022	31983	49874	20432	0	0	14503	0	100279	16354
157	3544	163266	7538	22587	46408	17681	0	0	11848	22137	20497	5754
158	91	4073	71	407	227	100	0	0	711	186	0	443
159	1133	67949	7134	2001	24245	6860	449	364	3715	2965	0	19378
160	640	35200	3300	778	2120	3650	220	220	1990	790	1990	3120
161	9355	580758	7208	13977	141659	65308	0	0	22957	222	0	830
162	5332	269582	25200	21102	77877	26281	8	8	21769	46783	14789	26382
163	649	30670	7200	2461	2834	3506	284	284	1700	5520	2415	5207
164	9467	499172	15889	51462	105767	40086	541	541	26363	48960	78974	28719
165	150	4465	836	808	1738	311	0	0	437	191	607	307

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
166	3952	262400	22710	19580	62503	30916	13431	695	15962	9620	14389	11964
167	352	20272	1140	1514	4928	1046	235	235	2538	1013	1650	5021
168	1873	144275	7187	10085	33037	15029	301	301	13850	0	2519	15773
169	13801	583381	32532	44353	139569	47444	826	826	51402	53557	121143	15595
170	214	9000	1452	1297	1644	456	147	117	375	934	0	371
171	4039	171811	17767	9129	41655	23736	730	730	13105	24712	19368	20105
172	476	18839	236	2400	2933	1694	0	0	383	0	3945	0
173	3404	185090	16141	13839	35424	24916	1926	1926	24357	36834	0	37367
174	228	7833	595	1069	1917	987	0	0	627	478	305	1315
175	892	54045	1872	3656	5279	4503	336	336	812	0	4923	8147
176	1176	54681	7973	5316	12347	4797	348	348	7976	5770	12729	8435
177	1541	80189	6294	2304	9746	6441	3220	3220	7147	8806	0	1629
178	5402	210602	31116	18705	29788	15029	1257	1257	16993	14577	33880	17550
179	8495	519227	19701	24783	113434	23991	591	591	28707	70953	16050	31435
180	1866	120427	10927	10308	20972	15410	197	197	6296	17051	1337	2593
181	12797	800171	73311	37569	140814	43427	1833	1833	38110	37627	4744	59619
182	1829	78262	13568	4605	19416	10350	290	290	5034	4923	134	556
183	3815	219986	50386	12985	35724	17827	653	651	11672	23392	1128	16079
184	1352	78000	10767	1590	7626	10341	169	0	3530	1431	93	36263
185	808	33178	7794	2464	8146	4028	326	326	2464	7173	3454	4068
186	382	15777	209	660	640	114	79	79	880	0	1936	193
187	2665	154369	14566	15666	30264	19371	618	618	8437	9555	17380	21690

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
188	67	3687	286	291	750	330	0	0	255	149	510	687
189	50	2786	220	444	572	410	0	0	559	642	0	2
190	1071	73635	2886	5658	12312	5620	4142	4142	8779	11914	5489	8957
191	327	10903	1402	954	1342	1430	242	242	1466	1006	266	3941
192	661	33688	4220	2018	7573	2348	0	0	2806	584	1882	2864
193	2950	108672	17443	17164	16495	14150	865	865	12710	6504	1661	7442
194	228	12735	6562	1223	5589	602	0	0	715	1484	4375	3400
195	1660	113852	14554	3247	17026	7583	353	353	8835	15098	0	8685
196	355	26200	658	3202	7853	2120	157	104	1956	1596	608	6493
197	4659	232222	25535	18523	70164	38035	1412	1412	20811	42934	22831	20541
198	98	7702	110	1425	747	109	0	0	442	0	824	456
199	393	18587	1055	2508	3198	1498	0	0	1965	2149	0	598
200	1577	62429	3464	6115	20144	3187	328	241	4674	10035	1426	7757
201	4011	212564	5468	14566	54157	25119	67	67	14888	593	34352	308
202	672	28371	9651	836	8910	2948	0	0	2215	133	0	11808
203	11730	640167	94081	22423	117225	44117	0	0	30113	20385	43681	5962
204	417	26300	3674	1261	3565	3044	884	884	1118	1432	688	5045
205	3557	212422	26851	12452	38590	27230	2651	2480	23234	22538	9766	56832
206	2349	109332	8123	10144	18860	9155	696	418	7548	3212	15994	16259
207	1185	59170	2328	4772	19620	10452	22	22	847	0	0	3579
208	436	25290	1397	809	5620	4114	62	50	2983	1150	0	2668
209	2739	185567	18416	20456	21236	26031	0	0	14139	15804	0	21999

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
210	145	9423	966	440	2379	1775	0	0	943	463	2458	586
211	1260	69907	15347	4146	20269	4368	756	756	4663	10204	1889	6071
212	7781	430434	102488	25059	41073	19166	2406	2406	22189	34754	3656	31835
213	497	24500	2257	2620	5015	2096	181	181	2080	4156	0	4697
214	518	25080	1526	4148	6014	2437	106	39	2604	1716	0	1382
215	795	40812	3477	3997	16203	2990	112	112	4701	967	412	6134
216	1292	65167	5425	7281	12064	5023	51	6	4907	3799	6038	11344
217	670	25610	351	4507	4774	1777	0	0	2231	1074	4659	1124
218	2552	183594	8017	7850	32797	17652	3836	2230	18746	4911	19750	25328
219	321	15578	2827	701	3960	3892	0	0	2971	0	0	1766
220	949	49751	2812	2056	7120	1349	213	213	6076	3414	0	4318
221	1109	51073	3967	2164	10368	4403	447	447	6107	1159	585	4217
222	533	23367	2974	2994	1660	1898	119	119	3463	1802	1706	1684
223	2031	125657	43971	4504	22760	11655	760	760	2463	7269	570	1391
224	343	15698	2758	1876	2303	1202	20	20	1716	632	5652	921
225	1066	62980	25453	3409	12139	6986	133	133	3251	1388	257	7942
226	1162	66421	15370	3587	13208	5267	185	123	5090	3674	903	4009
227	3697	166415	25722	16540	34220	25209	1683	1438	25881	34384	17464	8861
228	269	14989	3116	1562	2814	1847	64	64	1282	1088	0	2592
229	84	5430	187	1101	1239	687	0	0	683	298	0	898
230	97	4115	602	742	1209	285	92	92	609	340	253	32
231	173	8498	0	955	1288	240	0	0	486	0	0	0

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
232	405	9000	514	614	1638	2111	1191	1191	0	121	1404	278
233	8715	576036	47279	19794	75661	31451	9748	4286	25607	22058	36484	20914
234	1771	96686	10435	4465	16136	8678	364	364	6734	6658	428	5839
235	499	23585	8848	2849	5300	4500	70	70	2100	600	0	1042
236	70	3031	991	482	139	338	0	0	226	102	0	47
237	2462	140127	5370	13697	10931	10742	0	0	4062	24629	0	3708
238	30	2100	312	230	220	450	0	0	136	160	0	69
239	114	4830	2305	666	869	0	473	150	978	264	0	197
240	188	8466	1669	433	699	488	0	0	240	802	0	0
241	56	2438	583	255	460	228	0	0	307	413	0	118
242	3725	199811	56433	10381	10092	19750	3211	2885	21926	26711	2613	6166
243	2150	109259	10282	6111	21999	21325	964	964	11994	11919	1592	4000
244	112	5302	634	895	624	400	0	0	548	24	0	648
245	3167	153437	7485	7917	18264	8668	0	0	6811	9786	2936	23635
246	210	8000	734	1500	2041	1880	230	230	1438	0	0	460
247	837	38200	5365	2073	8063	2665	3796	24	4784	7444	3460	8852
248	3177	143734	16390	13879	18648	21912	362	362	4508	12203	12852	13123
249	451	19174	8936	5022	5294	3758	223	223	2621	2321	5132	2878
250	502	27678	7220	1938	5982	1424	123	123	2301	3009	1761	6024
251	193	9003	187	1066	1944	1624	0	0	1195	1453	179	410
252	812	34002	13279	6890	817	1036	340	340	2988	2176	2647	4900
253	1783	109015	14155	5465	15017	12346	0	0	7344	0	35779	0

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
254	7900	443066	16388	31804	74549	34885	2124	2124	30134	130897	11131	19238
255	8217	421562	13681	39017	66439	22977	2049	2049	19466	83211	41023	21557
256	1757	108574	21274	4816	19131	7265	381	375	7829	4934	0	2901
257	9194	555902	88274	27277	124109	30305	7033	6995	28771	22166	23947	37303
258	717	46940	2564	5894	6227	12680	386	386	6639	7954	3449	0
259	612	25234	1439	1681	5095	2334	73	73	2106	1641	3575	4440
260	1339	78170	4379	2038	9826	4117	269	269	4505	10692	17645	14321
261	5152	277205	37794	16616	29412	34342	2223	1371	23889	27409	12283	28428
262	930	49200	5198	7951	8138	9400	233	233	6632	4490	0	9210
263	5282	373138	11649	14526	93447	53979	0	0	20797	87364	35052	0
264	1180	65452	10244	5998	9017	6735	90	90	4395	16375	1893	3031
265	663	39199	3190	1534	7942	3592	135	135	3490	1450	423	9995
266	731	41312	2141	1821	7922	1851	243	243	4613	5133	4791	6183
267	1844	126960	19915	9020	21520	39484	2450	1480	12420	9650	12240	12432
268	589	26180	2623	2637	5928	2971	77	77	2487	3339	0	0
269	600	21840	1077	1961	1901	677	0	0	2429	4625	0	697
270	11703	606082	80122	29117	129044	21093	1167	1167	37728	33597	0	33250
271	2788	125909	51927	33731	84666	53282	0	0	100964	44346	0	113252
272	4533	278797	22859	21694	61506	27401	1270	1270	10160	30479	8757	40638
273	98	5900	498	5891	4612	2384	0	0	356	60	474	964
274	736	37153	5903	3331	5310	5643	402	402	5097	3923	12153	5495
275	2169	114054	10428	4372	30579	19524	2391	2391	6795	25216	897	2444

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
276	9932	516298	62593	32200	107196	56393	3478	3478	27761	45715	10239	60203
277	3671	135910	5220	10557	17000	3672	94	83	18	2	214134	8623
278	1035	40188	61510	15157	5055	2614	4135	3529	13879	10763	10760	14114
279	1960	143228	14659	7543	28118	17718	342	300	10032	8641	33751	19694
280	694	31989	3529	1910	7050	2801	118	118	2956	3412	606	4941
281	370	19457	2259	1939	5464	1006	0	0	2327	965	0	5422
282	1104	52962	4277	5203	19924	5691	177	177	5165	2831	1014	7266
283	2620	185330	4175	9191	26315	12415	527	527	15557	0	12726	4075
284	6925	542022	28259	38230	131862	43408	43	43	32626	70305	12457	96339
285	1967	106673	17154	7928	24316	15051	359	359	1018	4790	3073	9260
286	75	840	382	488	151	135	0	0	494	282	22	109
287	3220	177301	28770	23981	38372	25711	945	945	13220	26047	17818	5897
288	1072	70319	2449	2404	9434	5190	0	0	5270	74	187	4526
289	2066	119069	24920	6664	21176	10413	1000	1000	10495	6416	2460	11407
290	9338	507663	93557	38264	90971	47949	5208	4626	43491	20119	32089	40852
291	1761	115060	12386	4286	18934	9943	0	0	5515	32163	10684	22616
292	189	15499	756	1539	1877	318	0	0	802	4436	0	1088
293	1544	74945	15016	3636	15216	8988	909	909	3512	9815	15671	4990
294	4269	182073	8918	40202	73649	23098	1099	1042	14844	31515	24816	32414
295	3917	228471	11125	29081	61270	17738	400	400	19210	52859	3758	12766
296	800	43815	10470	3121	8531	5639	77	77	4440	2807	372	2795
297	843	37490	396	3470	5437	5582	151	151	5088	7520	0	4820

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
298	2794	179566	10395	10568	25689	21125	1595	1537	10919	4290	17591	28212
299	4724	258256	17250	19033	61741	34331	316	113	27838	16007	31537	23694
300	4634	303330	22389	22005	51717	17797	672	672	18510	18889	37522	25311
301	3812	231014	15160	25671	15817	37389	62	62	12235	14796	21886	70
302	7195	392567	67474	29911	132126	35386	1355	1117	48488	58725	21705	86045
303	2986	217265	5224	18451	35341	14815	1058	1058	13934	11825	20739	20073
304	6132	358194	40985	31067	61753	17846	1231	1231	18775	15862	13408	21428
305	829	45302	1942	4018	8651	3811	722	555	2749	4375	5123	2335
306	2648	187474	36181	13979	42522	16799	934	818	13213	12526	11816	6638
307	224	8950	1632	624	1293	614	425	425	668	489	370	1120
308	254	10900	1929	441	3349	2499	47	47	665	759	173	2431
309	3728	165219	27601	18449	33229	14485	932	932	11031	33747	18264	20700
310	2043	121406	18754	10196	7107	11344	0	0	12983	16459	17067	13130
311	546	23592	4558	2909	5576	1343	146	146	2859	2993	3395	2293
312	2173	142883	18700	8590	18893	7732	1940	1940	9300	8900	8800	17591
313	479	24600	7707	856	5222	2854	0	0	790	1508	0	3467
314	511	32127	1441	4516	7956	2896	0	0	2045	5698	1038	0
315	75	3750	926	318	791	38	23	23	312	1112	78	443
316	1215	87829	4003	2326	8009	13204	0	0	585	21424	0	5199
317	3937	234364	20545	11677	45865	14827	362	362	12996	22933	10063	14597
318	512	17580	161	6026	2100	5380	600	600	3000	694	0	174
319	730	41498	3956	4094	6775	8439	102	102	2855	3195	891	11179

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
320	711	40949	3987	2080	2937	964	532	532	2600	3815	5658	2734
321	30	1443	511	319	209	349	0	0	0	19	0	0
322	472	28707	9476	2073	3799	3865	315	315	2666	2602	0	5221
323	1351	78168	17405	2646	17124	8312	1112	1112	5106	5090	3185	4877
324	1318	64948	18105	5019	16509	6892	813	813	5453	3528	0	4487
325	1298	66924	7250	5906	11556	16377	595	538	5024	13522	2918	7355
326	1144	64648	1794	5563	9003	7954	506	506	3073	3122	8936	1526
327	15134	876496	99912	41602	160903	65778	2903	2755	54517	49207	56820	62501
328	957	68430	1014	3257	13201	6877	0	0	6052	0	11386	5055
329	80	3420	64	60	659	0	0	0	478	0	0	0
330	1924	117809	27974	10201	25382	11347	611	611	9357	9239	61	19278
331	3159	169143	9170	11405	31825	10950	2312	2151	9923	13990	5243	38390
332	662	39453	4721	2073	8173	2243	110	110	3259	2445	1408	4405
333	691	37055	3404	4429	8293	1625	196	196	3437	1499	7200	2184
334	22	1168	450	34	10	3	310	310	0	232	0	183
335	164	8233	820	489	1051	442	10	10	502	187	1378	1290
336	729	46274	3099	1098	7352	7604	0	0	3560	3476	1225	4666
337	5777	220626	3261	29441	73063	2903	57	57	18735	15142	120117	4366
338	2201	104249	31811	9355	10414	8495	2746	2694	11978	8800	0	12229
339	1500	81217	20357	5621	21060	10582	733	733	9814	6432	0	5142
340	114	3787	377	152	506	407	88	88	287	1164	179	0
341	881	38886	4087	3470	9385	1398	0	0	2916	1308	5404	903

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
342	500	16653	2063	2245	0	1028	140	0	0	142	725	0
343	445	31211	2145	1069	6397	2352	127	127	3363	375	3290	696
344	180	5960	1293	696	258	125	0	0	172	0	0	138
345	20	368	106	290	133	137	0	0	30	27	327	65
346	1575	118821	18028	11379	17220	15471	139	139	6726	4414	1992	14250
347	209	5666	458	945	2767	0	0	0	20	3018	0	0
348	101	6800	1201	1087	622	0	0	0	435	0	0	0
349	261	14298	349	692	900	473	0	0	732	0	238	0
350	1961	121296	2774	3272	12468	6449	0	0	10403	7268	6388	1629
351	3395	183335	22758	9718	41667	9208	1410	1410	8558	9142	11057	15942
352	1172	82873	6132	4023	15609	9055	1594	1594	6235	22331	4766	14695
353	284	9677	2848	2201	3790	1052	0	0	650	691	0	435
354	1870	142138	29089	6958	12511	11036	1258	1258	10208	39670	1915	8160
355	5205	320025	48039	23632	84276	32399	3944	3884	18442	41995	36320	2301
356	218	9924	1710	980	2497	1044	42	42	1032	295	329	835
357	506	33130	4159	3906	2391	4510	17	17	9495	3867	0	4103
358	870	48599	356	6956	8882	6120	489	489	2611	4328	32690	10943
359	3407	214185	11816	11876	33332	19207	1141	1141	8201	14530	3785	32369
360	1198	36442	15222	6654	5173	9805	601	601	4554	4739	1410	17537
361	496	36243	374	6008	7961	2000	0	0	1850	200	0	0
362	3140	201705	14616	15532	31083	12039	13132	1892	20148	0	67589	31788
363	3796	179947	30043	8530	38505	10423	288	288	6338	717	2868	2525

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
364	4804	286434	31476	23731	74238	24254	1082	1082	16405	12947	15977	42086
365	288	14870	3427	3329	8097	2593	527	527	1465	1640	952	1481
366	1967	112812	3916	6927	28022	12755	0	0	3937	6244	303	11617
367	250	19098	44	508	4702	531	229	229	511	0	1155	419
368	1358	90077	17862	5889	13823	9752	49	49	6321	4627	6588	23569
369	1217	55732	1921	7504	14680	9515	193	193	3371	3168	561	11036
370	5894	333108	28550	10434	73485	39311	156	88	8404	23292	0	30709
371	94	5527	0	468	1308	361	0	0	916	0	0	285
372	4551	367330	6446	20683	66553	38425	1819	1819	18405	22989	79298	74124
373	50	2544	78	50	286	0	0	0	3	7	288	15
374	9485	469990	42457	23082	40611	20456	1415	1415	31104	74389	4279	14367
375	2313	55974	7770	13040	13389	13859	306	306	6626	3850	2897	12412
376	3416	188042	9606	12095	35565	5549	1450	1450	13141	39350	2109	25561
377	689	48583	3297	756	12376	4410	230	230	5562	6157	1660	4417
378	6010	319022	44982	24979	73731	29256	1734	1171	21268	19380	85433	48303
379	1466	78163	22146	3927	12811	10628	258	258	7085	5679	0	3495
380	1586	60857	1293	12207	8148	4223	2027	1948	7812	7119	4823	2231
381	1538	83496	30423	4716	17810	8974	853	712	7650	13200	1360	16975
382	910	53970	7182	2852	10814	2019	0	0	4554	2819	0	6687
383	480	22020	377	784	4905	0	13	13	531	462	0	2671
384	1990	122391	4226	14764	31973	11425	578	578	6331	12832	7322	1424
385	151	8520	864	1488	1300	550	110	110	1200	950	0	0

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
386	418	20351	1785	2244	4600	2562	0	0	1951	2632	4634	1582
387	1250	70188	12926	8042	12186	3949	798	798	5758	8740	3424	6643
388	1239	115481	984	10630	11764	8606	0	0	2938	2638	4398	3939
389	3630	212437	19910	15552	47261	26144	1394	1394	15854	31181	0	51958
390	1881	136814	1772	9982	63413	0	0	0	136491	49692	35000	10267
391	1054	55422	6794	2719	8667	4365	143	143	6277	3978	2011	6974
392	490	25413	7990	1703	3983	2496	0	0	2638	2490	1010	5817
393	35	1704	76	192	7	362	8	8	28	13	95	154
394	197	12929	6336	947	923	619	0	0	846	1284	804	489
395	109	4458	1624	1280	716	66	30	30	722	298	327	8
396	171	7215	994	1391	768	938	72	72	1508	1593	414	278
397	338	22159	1959	1981	3526	2940	87	87	2362	916	0	6180
398	50	1400	576	397	378	60	55	55	334	19	222	68
399	450	21800	2831	1326	4565	3970	318	318	6298	0	3610	0
400	7484	489074	39075	28479	81628	25467	2647	2647	21353	29623	4374	21536
401	647	30409	7387	2246	15149	4079	0	0	2713	4352	0	0
402	6690	401778	15013	25742	69142	13666	863	863	27022	53161	21354	23691
403	608	35301	4948	3232	6721	7751	918	765	3081	2936	3072	3053
404	970	37460	579	4305	15251	3716	194	194	4200	1125	8021	86
405	126	7308	659	466	1679	1884	35	35	648	655	761	454
406	260	9589	2213	1231	1080	1214	0	0	379	473	4175	283
407	165	5695	686	701	1500	343	0	0	624	938	1196	226

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
408	5891	367781	32599	19306	71140	46203	521	521	21169	48032	36332	126
409	2766	197649	31496	11317	27141	21806	1912	1912	20353	11778	0	5680
410	559	28369	8455	4231	8657	3772	913	913	2046	1354	8503	2924
411	701	36981	4730	2500	3134	3383	156	150	2103	2755	5550	1227
412	570	26864	10507	3687	1955	2382	106	64	2878	1952	0	4560
413	4811	183857	4331	23041	81488	21277	1795	1795	11351	17032	15636	8992
414	1024	66566	3338	3552	17674	5888	0	0	3174	7533	1157	8312
415	235	12950	5029	92	1997	1030	205	205	1250	757	1601	989
416	1237	61325	1896	4702	11491	4885	183	183	10248	1062	0	1815
417	428	29365	3510	3090	4280	449	192	192	4291	2825	1395	11521
418	649	35598	8477	4192	11709	0	826	826	3866	2805	1350	5031
419	465	23270	2547	4332	4408	2402	123	123	2843	2014	4249	2811
420	127	4610	286	655	447	1262	0	0	670	313	0	1171
421	4639	227004	32330	18713	55772	43863	2191	2071	35775	25029	0	53251
422	261	13113	1495	859	2011	518	0	0	1356	1089	1476	1588
423	4343	199900	6707	22214	26057	6865	1349	934	16171	11723	22110	35169
424	390	21840	1408	120	4497	162	0	0	1809	774	0	4754
425	1152	45621	820	83787	19731	9936	0	0	3973	0	34155	637
426	416	28323	2816	2917	6250	1827	2440	2440	2414	1749	0	8892
427	22	1489	176	329	106	86	0	0	79	0	153	0
428	4143	186593	13060	20538	26601	13443	538	538	11915	6132	7582	8763
429	280	11718	1523	846	3215	898	60	60	1328	603	0	871

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
430	4777	271592	38464	17207	75729	28517	3140	3017	20501	51751	19231	51405
431	1559	77289	2790	4038	27326	4161	193	193	6726	7066	0	7197
432	309	22983	531	2070	8589	1180	78	64	4309	3094	2410	4364
433	329	15517	518	1037	1643	1010	53	53	1825	1175	3464	816
434	4284	255568	9356	16994	41685	28845	147	44	13392	10505	16464	7326
435	66	4396	423	591	201	437	0	0	413	788	100	277
436	2488	59493	20379	13053	10750	5947	1124	1124	14322	29641	0	10679
437	1151	68730	5541	7528	10430	6349	354	0	5555	11845	287	8017
438	2459	194095	12575	11034	23606	18216	390	390	8690	15990	1376	31357
439	265	19000	662	558	5212	1361	0	0	1331	488	0	3842
440	1050	46106	15294	3827	6681	1635	208	208	3630	1561	710	1649
441	1647	90611	2559	13294	13289	3981	352	328	9210	4510	0	18639
442	1210	54722	19128	7408	9010	8034	628	628	19580	8351	6358	9204
443	651	28450	1270	1905	2047	1353	47	47	847	2372	1280	4292
444	750	44558	9269	1383	3799	1396	94	94	2561	0	0	23880
445	100	6302	104	565	1358	149	0	0	284	0	0	0
446	3859	207943	5662	24255	43610	24766	0	0	4096	0	8073	37434
447	458	25000	6443	2228	2917	1346	92	92	1865	2168	1457	3886
448	77	4268	0	331	0	0	0	0	0	0	4045	1313
449	1297	71013	18145	5373	20913	3860	0	0	1298	7499	3948	17759
450	47	2350	397	553	412	0	0	0	0	0	610	0
451	550	35050	8502	2050	5772	4640	0	0	2449	577	0	2389

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
452	90	4181	978	476	815	115	0	0	260	560	199	140
453	1327	88352	25375	11382	26769	18322	1114	1078	6403	8153	20291	11569
454	3298	146800	11346	7229	30698	10236	359	329	10299	4496	6568	13969
455	1299	44800	7088	500	6300	11000	0	0	7844	2588	0	10233
456	660	29450	5499	3064	4992	1613	0	0	4239	3508	2222	3791
457	1552	100243	8626	6119	20557	12410	179	179	4369	1946	1976	9769
458	1530	82317	5916	4590	17798	8695	109	109	5033	3828	0	14282
459	325	18011	3915	2407	2215	1840	133	133	1803	2598	0	3049
460	92	8016	61	54	2011	788	0	0	1258	0	1201	1201
461	519	28538	3003	2588	6037	5664	131	131	1102	476	6974	373
462	67	2526	0	236	0	0	0	0	0	0	2069	0
463	1092	55396	1461	4810	7048	3633	447	447	2337	0	0	10193
464	741	35443	3237	3780	3529	2395	483	483	4960	958	0	462
465	172	8944	974	711	416	2541	586	586	1044	1073	10	298
466	574	25778	4370	5131	4928	2095	0	0	1927	0	7542	429
467	533	27949	2219	1223	5912	1862	87	87	1641	1302	1338	1987
468	465	26722	6698	1243	4898	1290	277	277	2204	3460	0	3346
469	2634	131200	15002	7000	20043	10414	650	640	7780	2480	0	17649
470	990	29110	8939	2082	2981	2192	813	813	3093	4437	252	1282
471	4945	198002	7822	39223	74016	30658	3963	3453	11861	57455	12051	48704
472	72	3405	187	221	1127	1163	0	0	0	0	1427	0
473	5987	270904	46117	47139	68503	15671	2940	845	32808	40547	23596	48354

Продолжение таблицы Л

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
474	542	39256	7116	1600	5596	2564	607	607	5451	4117	7116	14336
475	310	12579	867	1321	4066	1250	0	0	2289	1254	0	618
476	2582	163507	7338	8995	33265	18894	804	804	9004	43285	41971	3804
477	1062	47515	2869	3166	7949	4943	301	301	4561	1433	-	1525
478	166	8757	473	418	1220	792	0	0	1556	678	0	3285
479	3675	149697	30925	19811	33429	11059	434	434	17371	1486	43682	12699

Источник: составлено автором на основе данных отчетов о производстве, затратах, себестоимости и реализации продукции