

*На правах рукописи*

СКВОРЦОВ ЕГОР АРТЕМОВИЧ

**ОРГАНИЗАЦИОННО–ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОМ  
ХОЗЯЙСТВЕ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика  
(Экономика агропромышленного комплекса (АПК))

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**доктора экономических наук**

Новосибирск 2024

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

**Научный консультант:** доктор экономических наук, профессор  
**Набоков Владимир Иннокентьевич,**  
профессор кафедры менеджмента и экономической теории  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»

**Официальные оппоненты:** доктор экономических наук, доцент  
**Федотова Гилян Васильевна,**  
профессор кафедры экономики и цифровых технологий в  
АПК ФГБОУ ВО «Московская государственная академия  
ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им.  
К.И. Скрябина»

доктор экономических наук, профессор  
**Гусманов Расул Узбекович,**  
профессор кафедры финансов, анализа и учетных технологий  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный  
университет»

доктор экономических наук, доцент  
**Стовба Евгений Владимирович,**  
исполняющий обязанности заведующего кафедрой  
информатики и экономики Бирского филиала ФГБОУ ВО  
«Уфимский университет науки и технологий»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Удмуртский  
государственный аграрный университет»

Защита состоится «05» сентября 2024 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 99.2.115.02 при Новосибирском государственном аграрном университете по адресу: 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, зал ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Новосибирского государственного аграрного университета и на официальном сайте НГАУ [www.nsau.edu.ru](http://www.nsau.edu.ru).

Объявление о защите и автореферат диссертации размещены на официальном сайте НГАУ и ВАК РФ.

Автореферат разослан «28» июня 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного  
совета, д-р экон. наук, доцент

А.А. Самохвалова

## **I ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы исследования.** Сельское хозяйство является важнейшей отраслью материального производства. Она обеспечивает производство продуктов питания для населения, сырья для многих отраслей народного хозяйства, занятость трудом значительной части населения.

В последнее время отрасль столкнулась с рядом проблем и вызовов. К ним следует отнести значительный износ основных фондов, низкую производительность труда, дефицит квалифицированных кадров, низкое качество управленческих решений и др.

Решение проблем отрасли и повышение эффективности сельскохозяйственного производства возможно с применением принципиально новых технологий производства и управления, в цифровизации отрасли, во внедрении систем искусственного интеллекта. Предполагается, что их использование позволит значительно повысить эффективность производства продуктов питания за счет оптимизации сельскохозяйственного производства и управления отраслью. Данные системы имеют высокий потенциал, их использование позволяет автоматизировать процессы, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность животных, улучшить использование ресурсов, повысить качество продукции.

Процессы внедрения и использования систем искусственного интеллекта в экономике аграрного сектора затронут, по нашему мнению, практически все организации сельского хозяйства и органы управления отраслью, все существенные аспекты ее функционирования. Это относится как к выполнению производственных операций, обслуживающим процессам, так и к управлению аграрным производством. Применение систем искусственного интеллекта, очевидно, вызовет существенную трансформацию организационно-экономических, социально-трудовых и правовых отношений в отрасли.

На активизацию деятельности по применению систем искусственного интеллекта в народном хозяйстве, в том числе в сельском хозяйстве,

направлены Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.». Последним, в частности, поставлена задача довести количество процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, автоматизированных посредством искусственного интеллекта, до не менее 5 единиц (к 2030 г.).

Вместе с тем не разработаны должным образом теоретические и методологические вопросы использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, не обоснованы приоритетные направления их развития, не разработаны индикаторы их внедрения. Кроме того, не определены возникающие при этом эффекты, возможные риски использования данных систем в отрасли. Этим объясняется актуальность данного исследования.

**Состояние изученности проблемы.** Значительный вклад в развитие общей теории искусственного интеллекта внесли зарубежные ученые W.W. Bledsoe, N. Chomsky, I.J. Good, R.W. Hamming, D.O. Hebb, R. Kurzweil, J. McCarthy, M. Minsky, C. Naylor, J. Neumann, P. Norvig, C. Shannon, G.A. Simon, I. Sutskever, A.M. Turing, P.J. Werbos, N. Wiener, W. Wu, а также советские и российские ученые М.А. Айзерман, А.И. Берг, А.Л. Брудно, В.Н. Вапник, В.И. Варшавский, Т.К. Винцюк, В.М. Глушков, В.И. Городецкий, А.П. Ершов, В.Н. Ильин, А.И. Китов, С.Н. Корсаков, А.А. Ляпунов, С.Ю. Маслов, Г.С. Осипов, Г.С. Пospelов, Д.А. Пospelов, И.Я. Силдмяз, В.К. Финн и многие другие.

Отдельные вопросы функционирования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве рассмотрели зарубежные ученые S.I. Abba, H. Afzaal, J. Aitkenhead, F.N. Al-Wesabi, D. Aqel, M.O. Babaei, A.A. Barrero, A.A. Besalatpour, F.J. Chang, H. Chen, J. Deng, E.F. Dornelles, R. Dutta, M. Esmaili, K.P. Ferentinos, S. Fuentes, C. Ganeshkumar, P.J. Hayes, J. Horak, M.E. Karar, L.

Kouadio, Y.K. Li, C. Mako, N.M. Mammadova, J. McCarthy, S. Mehdizadeh, R. Moazen-zadeh, D. Moshou, L. Ozola, X.-E. Pantazi, B. Raei, O. Rahmati, M.G. Selvaraj, P. Stansly, V. Stehel, Y. Su, K. Sudars, A. Sumarudin, K. Thenmozhi, Y.J. Tian, V. Vijayakumar, D. Xia, Z.M. Yaseen, J. A. Zichao и многие другие.

Определенный вклад в исследование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве внесли советские ученые Н.М. Амосов, К.А. Багриновский, М.Г. Гаазе-Рапопорт, В.М. Глушков, Н.Н. Ефимов, Н.Г. Загоруйко, А.Г. Ивахненко, А.М. Касаткин, А.М. Кондратов, А.Н. Колмогоров, Ю.О. Коган, В.В. Логвинец, А.А. Ляпунов, Ю.Т. Медведев, Ю.Н. Печерский, Г.С. Пospelов, Д.А. Пospelов, В.Н. Пушкин, М. Рот, С.Ю. Соловьев, Г.Н. Соловьева, Г.А. Спыну, Г.Р. Фирдман, В.С. Фролов и др.

Отдельные вопросы использования цифровых технологий и систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве рассмотрели российские ученые А.Г. Аксенов, Н.Р. Амирова, М.Х. Бадмаева, А.Г. Гагарин, Р.У. Гусманов, А.С. Дорохов, А.А. Зацаринный, М.Н. Костомахин, М.Х. Куликова, С.Н. Ларин, М.Г. Матвеев, В.И. Меденников, М.А. Мирзаев, Н.П. Мишуров, В.И. Набоков, М.Г. Озерова, В.Е. Парфенова, А.А. Петрова, М.С. Петухова, В.В. Побединский, Е.В. Попова, А.Н. Райков, А.Ф. Рогачев, Е.В. Рудой, А.А. Самохвалова, Л.В. Саргина, А.С. Свиридов, А.Н. Семин, А.В. Сибирев, А.Т. Стадник, Е.В. Стомба, В.С. Тетерин, А.С. Труба, Г.В. Федотова, Ю.И. Чавыкин, С.А. Шелковников и др.

Тем не менее данные вопросы изучены недостаточно, отсутствуют системные исследования вопросов использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, не разработаны научно обоснованные рекомендации по их внедрению.

**Цель и задачи исследования.** Цель диссертационного исследования состоит в разработке теоретических положений и методических рекомендаций по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство.

Для достижения цели исследования были поставлены и последовательно решены следующие задачи:

- рассмотрен генезис систем искусственного интеллекта с учетом их применения в сельском хозяйстве. Выполнен анализ научного дискурса в отношении систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве;

- предложена концепция внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, в том числе цель, задачи, принципы и методы данной деятельности;

- разработана научная классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве;

- выделены эффекты от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Разработан методический инструментарий внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;

- разработан организационно-экономический механизм применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;

- разработаны основные сценарии внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

**Объект исследования** – организационно-экономические отношения, возникающие в процессе внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

**Предмет исследования** – совокупность особенностей, принципов, факторов, возникающих в процессе внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

**Объект наблюдения** – организации сельского хозяйства, использующие в своей деятельности цифровые технологии, в том числе системы искусственного интеллекта.

**Область исследования** соответствует п. 3.7 «Бизнес-процессы АПК. Теория и методология прогнозирования бизнес-процессов в АПК. Инвестиции и инновации в АПК», п. 3.15 «Прогнозирование развития агропромышленного

комплекса и сельского хозяйства» и п. 3.10 «Аграрная политика и государственная поддержка отраслей АПК» научной специальности 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика» (экономика агропромышленного комплекса (АПК)) Паспорта специальностей ВАК РФ.

**Теоретическую и методологическую основу диссертационного исследования** составили: законодательные и нормативно-правовые акты Российской Федерации и ее субъектов, материалы Федеральной службы государственной статистики и ее Управления по Свердловской области и Курганской области, Министерства агропромышленного комплекса и потребительного рынка Свердловской области, материалы и публикации отечественных и зарубежных ученых, электронные научные базы, заключения специализированных научно-исследовательских институтов, а также результаты исследований, проведенных автором. В качестве нормативно-правовой базы использованы ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта», Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г., Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг.», распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г.».

**Информационную базу исследования** составили: труды отечественных и зарубежных ученых в области использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, положения теории и методологии данной деятельности, материалы научно-практических конференций по теме работы.

**Основными методами исследования** являлись общенаучные методы познания, такие как общелогические (анализа, синтеза), гипотетико-дедуктивный, абстрактно-логический, SWOT-анализ, интервьюирование,

анкетирование, а также экономико-статистические методы сбора и обработки информации, ее графического представления и сравнительного анализа.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Теоретические положения о сущности и развитии применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.
2. Концепция использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.
3. Классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве.
4. Комплекс методик оценки деятельности по внедрению и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.
5. Организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.
6. Сценарный прогноз развития систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

**Научная новизна исследования.** Наиболее значимые результаты диссертационного исследования:

1. Выполнено исследование генезиса систем искусственного интеллекта в экономике сельскохозяйственного производства, выделены его этапы, выполнен анализ научного дискурса отечественных и зарубежных исследований в данной области, проведена систематизация понятийно-категориального аппарата. Предложено авторское определение система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как направление исследований — это область знаний, имеющих прикладной характер и отраслевую специфику, направленных на разработку, внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью, оценку последствий этой деятельности. Введено авторское определение система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как техническое устройство — это совокупность программных и аппаратных средств, находящихся в определенных связях друг с другом,



образующих единую целостность, направленных на решение задач производства и управления в сельском хозяйстве с эффективностью, сопоставимой или превосходящей результаты деятельности человека. Конкретизировано содержание понятия «система искусственного интеллекта», его взаимосвязь с понятиями «технология», «метод», «модель», «алгоритм» с учетом организационных, экономических и социальных особенностей сельскохозяйственного производства. Определены предпосылки и условия использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, их отраслевые экономико-управленческие особенности.

Анализ нормативного правового регулирования применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволил выявить, что регулирование носит фрагментарный характер, системы искусственного интеллекта отражаются в нем как сквозные, способствующие цифровизации отрасли. В ряде нормативно-правовых документах не сформулировано сущностное содержание понятий систем искусственного интеллекта как объектов развития, управления, недостаточно четко сформулированы целевых показатели и индикаторы применения этих систем в отрасли.

2. Разработана научная концепция использования систем искусственного интеллекта в экономике сельского хозяйства. Определена цель применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, которая состоит в повышении эффективности сельскохозяйственного производства и управления отраслью, обеспечении ее устойчивого развития и конкурентоспособности.

Сформулированы принципы применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве: эффективности, приоритетности внедрения, комплексности, конфиденциальности, понятности, предсказуемости, технологического суверенитета. Определены инструменты, результаты и условия применения систем искусственного интеллекта в отрасли. Выделены субъекты и объекты внедрения и использования систем искусственного интеллекта в отрасли, определены их цели от использования данных систем.

Концепция отражает взаимосвязи субъектов и объектов, инструментов и

результатов внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Это позволяет определять общий замысел, направления действий по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, служит основанием для разработки дальнейших шагов и решений по совершенствованию экономической и организационной деятельности.

3. Разработана научно обоснованная классификация систем искусственного интеллекта применительно к экономике аграрного производства, учитывающая особенности их применения и тенденции развития. Признак «по областям применения» отражает конкретные области, виды деятельности организаций сельского хозяйства, государственных органов, осуществляемые с применением систем искусственного интеллекта. Таковыми являются: управление водными ресурсами, анализ состояния почвы, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, выявление и идентификация болезней растений, выявление и идентификация сорняков, выявление и идентификация насекомых-вредителей, уборка сельскохозяйственных культур, прогнозирование продуктивности и поведения животных, анализ финансово-экономических показателей развития отрасли.

По признаку «метод обработки информации» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве можно классифицировать по конкретным техническим решениям в их основе, среди которых можно выделить нейронные сети, обучение на примере, деревья решений, эволюционные и генетически алгоритмы, муравьиные алгоритмы, кластеризацию, машины опорных векторов, метод Байеса и другие.

По «функциям контура управления» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве, предложено классифицировать на системы: с обратной связью, реального времени, адаптивные, поддержки принятия решений, идентификации и диагностики, логического вывода, прогнозирования и другие.

По признаку «специализация» системы искусственного интеллекта,

применяемые в сельском хозяйстве, предполагает их деление по способности и потенциалу решать определенные виды задач в сельском хозяйстве и позволяет классифицировать на экспертные системы, системы компьютерного зрения, роботизированные комплексы, беспилотные аппараты и прочие.

Классификации систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве «по степени автономности» отражает их способность принимать решения без участия человека и позволяет делить на автономные, встроенные и гибридные системы.

По признаку «комплексности» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве, можно классифицировать по уровню сложности выполняемых задач и количеству данных, которые они могут обрабатывать и позволяет выделить мультимодальные модели, технологии анализа больших данных, интернет-вещей, системы жизненного цикла, системы распределенного управления и прочие.

По признаку «по сферам применения» системы искусственного интеллекта, применяемые в сельском хозяйстве, можно классифицировать на применяемые в субъектах хозяйствования, и системы, применяемые органами управления отраслью на разных уровнях.

Классификация «по уровню готовности к использованию» систем искусственного интеллекта отражает определенные этапы их жизненного цикла и позволяет их разделить на используемые в настоящее время, находящиеся в процессе разработки и перспективные.

Использование классификации позволяет: определять приоритетные направления развития инновационного сельскохозяйственного производства; выделять наиболее значимые и перспективные системы; получать представление о рисках их внедрения; систематизировать ожидания, связанные с развитием систем; определять границы их применимости; выбирать оптимальные системы для решения задач производства и управления отраслью.

4. Выделены (экономические, социальные, народнохозяйственные, технико-технологические и др.) эффекты от применения систем искусственного

интеллекта в сельском хозяйстве и виды затрат на их создание и использование. Определена ресурсная база внедрения и использования данных систем, а также генераторы ресурса, позволяющие создавать новые ресурсы или повышать экономическую эффективность использования имеющихся ресурсов.

Предложена методика определения приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, которая, по мнению автора, определяется:

- максимизацией экономического эффекта от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;
- максимизацией доли рабочих мест с доступом к сети Интернет
- максимизацией доля данных, получаемых автоматическим способом, может оказать значительное влияние на приоритетность направления внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Разработана методика определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта, которая основывается на экспертной оценке ряда факторов, варьирующихся в зависимости от специфики внедряемых систем.

Разработана методика оценки деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства включающая показатели:

- сроки внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства;
- ресурсоемкость внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства;
- объем данных, полученный с применением систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства;
- масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства;
- достижение системами искусственного интеллекта проектных показателей функционирования в организации сельского хозяйства.

Предложена методика оценки экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве включающая показатели:

- экономическую эффективность снижения расходования ресурсов за счет применения систем искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность мероприятий по повышению урожайности культуры за счет применения систем искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность мероприятия по внедрению системы планирования деятельности организации с использованием систем искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность повышения качества сельскохозяйственной продукции за счет применения системы искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность мероприятий по повышению производительности труда за счет применения системы искусственного интеллекта;
- экономическую эффективность мероприятия по повышению продуктивности животных за счет применения системы искусственного интеллекта.

Использование методологии позволяет определять целесообразность и потенциал внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, осуществлять качественные и количественные оценки деятельности по внедрению этих систем, эффективность их использования.

5. Разработан организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве осуществить управление данной деятельностью. Эту деятельность, по мнению автора, целесообразно разделить по направлениям, на несколько отдельных блоков.

Организационно-управленческий блок направлен на выявление и оценку наиболее приоритетных направлений и целей внедрения и использования

систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, позволяет повышать эффективность деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в отрасли, обеспечивать координацию и управление этой деятельностью.

Финансово-экономический блок включает элементы, связанные с финансовыми и экономическими аспектами деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и позволяет обеспечить положительные финансовые результаты функционирования сельского хозяйства в условиях внедрения и использования систем искусственного интеллекта.

Технико-технологический блок предназначен для непосредственного внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и позволяет реализовать потенциал систем искусственного интеллекта для оптимизации производственных и управленческих процессов в организациях отрасли.

Правовой блок внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве охватывает набор правовых и регуляторных инструментов, обеспечивающих безопасное и ответственное их применение в отрасли.

Мотивационный блок представляет собой совокупность практик и подходов, направленных на стимулирование заинтересованных сторон процесса внедрения систем искусственного интеллекта в организации отрасли.

Социальный блок ориентирован на объективный учет, улучшение социальных аспектов и последствий внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство, позволяет создать благоприятные социальные условия и анализировать последствия внедрения и применения систем искусственного интеллекта для работников организаций сельского хозяйства и населения сельских территорий.

Успешное функционирование организационно-экономического механизма внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве предполагает обеспечение устойчивых связей между указанными блоками и соответствующими им функциями, разумную

последовательность их реализации. Использование механизма позволяет активизировать деятельность по внедрению систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственное производство.

6. Разработана матрица сценариев развития систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве с учетом активности организаций отрасли во внедрении данных систем и технологической политики государства, что позволяет органам государственного управления определять научно обоснованную стратегию и политику внедрения и использования систем искусственного интеллекта в аграрной сфере экономики. В качестве основных критериев для разработки сценариев выступили затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, специфика подготовки кадров для отрасли с учетом применения этих систем, создание необходимой инфраструктуры, элементы развития самих систем искусственного интеллекта и другие. На основе матрицы сценариев выполнен прогноз применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Среднего Урала до 2030 г. Согласно инновационному сценарию предполагается активизация деятельности организаций сельского хозяйства региона по внедрению систем искусственного интеллекта, адекватную государственную поддержку данной деятельности.

**Теоретическая и практическая значимость исследования.** Предложенная совокупность теоретических положений дает приращение знаний в области функционирования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, что может быть использовано в дальнейших исследованиях этих систем как в сельском хозяйстве, так и в других отраслях АПК и народного хозяйства. Практическая значимость исследования состоит в разработке методических рекомендаций по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, что позволит активизировать данную деятельность.

Результаты и выводы исследования могут быть использованы:

- законодательными и исполнительными органами субъектов федерации при разработке и реализации программ внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;
- организациями сельского хозяйства при внедрении и использовании систем искусственного интеллекта;
- образовательными организациями аграрного профиля при подготовке профессиональных кадров и проведении исследований.

**Апробация и реализация результатов исследования.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательской работы Уральского государственного экономического университета. Основные положения и результаты исследования докладывались на международных и всероссийских научно-практических конференциях в Екатеринбурге (2016 г., 2020 г., 2021 г., 2022 г., 2023 г.), Рязани (2013 г.), Тюмени (2015 г.), Казани (2015 г.), Санкт-Петербурге (2016 г.), Минске (2017 г.).

Апробация результатов работы проходила на предприятиях АПК Свердловской области. Методические положения и практические рекомендации внедрены в деятельность СПК «Птицесовхоз «Скатинский», ООО «Юбилейная», ООО «Ямовский». Научно-методические рекомендации приняты к рассмотрению и внедрению Министерством агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области.

Полученные выводы и результаты исследования нашли применения в учебном процессе и научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Материалы исследования используются при проведении лекционных и практических занятий, написании курсовых и выпускных квалификационных работ.

Автор являлся участником научных проектов: «РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00636 А «Пространственное развитие роботизации сельского хозяйства России: тенденции, факторы, механизмы».

Автор является исполнителем гранта РНФ по теме «Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях жестких внешнеэкономических ограничений».



**Публикации.** Основные положения диссертации отражены в 74 научных работах, из них 4 монографии (в том числе 3 – авторские и 1 раздел в коллективной монографии), 18 статей в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных Scopus и WoS, 32 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Общий объем публикаций – 97,0 п.л. (в том числе авторских – 45,2 п.л.), из них в изданиях, рекомендованных ВАК РФ – 29,7 п.л. (в том числе авторских – 10,8 п.л.).

**Структура диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, приложений. Работа представлена на 301 страницах компьютерного текста, содержит 32 таблицы, 31 рисунок, 4 приложения. Список использованных источников включает 307 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность выбранной темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показаны предмет и объект исследования, его теоретическая и информационная базы. Отражены научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** рассмотрен генезис систем искусственного интеллекта с учетом особенностей их применения в сельском хозяйстве. Выполнен анализ состояния и проблем развития отечественного сельского хозяйства на современном этапе, обоснована объективная необходимость и выделены предпосылки внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Разработаны теоретические аспекты применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Предложена концепция применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, включающая цель, задачи, принципы, методы, и инструментарий применением данных систем в сельском хозяйстве. Выполнен анализ нормативного и правового регулирования применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Во **второй главе** выполнен анализ публикаций по проблемам внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

Выполнен анализ основных направлений исследований применения данных систем в сельском хозяйстве. Разработана научная классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве. Выполнен анализ факторов, влияющих на применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

**В третьей главе** разработана методология оценки деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта. Разработана методика определения приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, методика определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению данных систем. Предложены методика оценки деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства, методика оценки экономической эффективности использования данных систем в сельском хозяйстве.

**В четвертой главе** выполнена оценка готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта. Выполнен анализ деятельности по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Разработан организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Представлены основные сценарии внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

**В заключении** обобщены основные результаты проведенного исследования, сформулированы выводы и рекомендации.

Приводится список сокращений и словарь вводимых понятий и определений.

**В приложениях** представлены материалы и статистические данные, иллюстрирующие и дополняющие отдельные положения диссертационной работы.

## **II ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

### **1. Теоретические положения о сущности и развитии применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве**

Понятие искусственный интеллект (англ. artificial intelligence, AI) имеет давнюю историю. Начиная с создания в 1940-х годах первых электронно-вычислительных машин, специалисты прогнозировали появление компьютера, имеющего параметры работы, сопоставимые по уровню интеллекта с человеком.

Можно выделить несколько этапов развития исследований в области систем искусственного интеллекта и их применения в народном хозяйстве, в том числе в сельском хозяйстве (таблица 1).

Используемые в настоящее время понятия недостаточно четко определяют системы искусственного интеллекта, слабо учитывая особенности их применения в сельском хозяйстве, что требует уточнения. Понятие «система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве» имеет сложную семантику. Системы искусственного интеллекта можно рассматривать как направление исследований, имеющее прикладной характер и отраслевую специфику, ориентированное на разработку, внедрение и использование систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственном производстве и управлении отраслью, оценку последствий этой деятельности. Также системы искусственного интеллекта можно рассматривать как техническое средство, включая в него совокупность программных и аппаратных средств, моделей и алгоритмов, находящихся в определенных связях и образующих целостность, способное к адаптации и обучению, направленное на решение задач аграрного производства и управления с эффективностью, сопоставимой или превосходящей эффективность деятельности человека.

Таблица 1 – Основные этапы развития систем искусственного интеллекта в СССР и РФ с учетом применения в сельском хозяйстве

Периоды	Название	Содержание этапа
1956-1970 гг.	Зарождение и развитие общей теории искусственного интеллекта	В СССР созданы первые экспертные системы на основе правил. Исследования в области перцептронов и многослойных нейронных сетей. Разработан «обратный метод» в математической логике. Отсутствие исследований и оценок применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве
1970-1991 гг.	«Золотой век» развития систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства	Превращение искусственного интеллекта в междисциплинарную науку на стыке естественных, технических и гуманитарных наук. Развитие теории нечетких множеств, мягких измерений. Появление в СССР нескольких конкурирующих научных школ по исследованию систем искусственного интеллекта, в том числе с учетом их применения в сельском хозяйстве. Разработка экспертных систем для сельского хозяйства. Создание Научного совета по проблеме «Искусственный интеллект» (10 сентября 1986 г. при Президиуме АН СССР).
1991-2012 гг.	Снижение исследовательской активности в области систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства	Трансформация термина «искусственный интеллект», использование систем искусственного интеллекта для решения конкретных ограниченных задач. Развитие теоретических разработок искусственного интеллекта. Начало коммерческого использования систем искусственного интеллекта в отрасли. Создана Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ), зарегистрирована Минюстом РФ 19 октября 1992 г. № 1304
2012 г. по настоящее время	Современный этап развития систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства	Рост количества исследований по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Развитие нормативно – правовой базы использования систем искусственного интеллекта. Принят Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», сформулирована «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года». В соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р предполагается к 2030 г. автоматизация не менее 5 процессов в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах с применением систем искусственного интеллекта

Источник: составлено автором

В научной литературе и нормативно-правовых документах понятие «система искусственного интеллекта» нередко подменяется понятиями «технология», «метод», «модель», «алгоритм», что не считаем правильным. Можно привести важнейшие понятия категории «искусственный интеллект

в сельском хозяйстве» (рисунок 1).

Система искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	→	– это совокупность программных и аппаратных средств, находящихся во взаимосвязях, образующих целостность, направленных на решение задач производства и управления в сельском хозяйстве с эффективностью, сопоставимой или превосходящей эффективность деятельности человека
Технология искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	→	– это совокупность методов, алгоритмов и инструментов, используемых для внедрения и применения систем искусственного интеллекта, способных выполнять задачи в области производства и управления сельским хозяйством, обычно требующих участия человека
Метод искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	→	– это способ применения алгоритмов и моделей искусственного интеллекта для решения задач производства и управления в сельском хозяйстве
Модель искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	→	– это математическая модель, используемая для решения конкретных задач производства и управления в сельском хозяйстве, которая основана на методах искусственного интеллекта
Алгоритм искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	→	– это последовательность действий, выполняемых с применением программного обеспечения для решения конкретной задачи производства и управления в сельском хозяйстве

Рисунок 1 – Важнейшие понятия категории «искусственный интеллект в сельском хозяйстве»

Источник: разработано автором

Важнейшие предпосылки внедрения и использования систем искусственного интеллекта в отечественных организациях сельского хозяйства:

- развитие прикладных исследований систем искусственного интеллекта;
- активное проникновение сети Интернет на сельские территории;
- повышение общепрофессионального и специального уровней кадров организаций сельского хозяйства;
- удешевление электронных компонентов;
- расширение в последние годы спектра систем искусственного интеллекта для аграрного производства.

При внедрении и использовании систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве следует учитывать отраслевую специфику, которая состоит в следующем:

- взаимодействие систем искусственного интеллекта с живыми организмами (растениями и животными);
- взаимодействие систем искусственного интеллекта с объектами, меняющими свои характеристики с течением времени (рост плодов, растений,

рост и развитие животных и т.д.);

- работа данных систем в условиях пересеченной местности, необходимость позиционирования их в пространстве;

- низкий общий уровень образования работников сельского хозяйства и их слабая осведомленность о системах искусственного интеллекта;

- наличие большого количества неполных данных об объектах и процессах сельскохозяйственного производства;

- необходимость использования специфичных инструментов для сбора данных (фото- и видеокамер с высоким разрешением и различных спектров, датчиков движения животных и т.д.).

## **2. Концепция использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве**

Деятельность по внедрению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве требует использования научно обоснованных принципов (таблица 2).

В основе концепции – цель использования данных систем. Цель использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в повышении эффективности сельскохозяйственного производства и управления отраслью, обеспечении ее устойчивого развития и конкурентоспособности. Достижение данной цели требует решения следующих задач:

- оценка и удовлетворение потребностей хозяйствующих субъектов и органов управления отраслью в системах искусственного интеллекта;

- создание системы сбора информации, формирование в автоматическом режиме наборов данных (баз данных), необходимых для развития систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;

- создание условий для активного внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;

- создание условий для интеграции систем искусственного интеллекта в сельскохозяйственное производство и управление отраслью;

– поточная разработка и адаптация программных и аппаратных средств, обеспечивающих применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве;

– повышение уровня обеспеченности сельского хозяйства кадрами, имеющими компетенции по взаимодействию с системами искусственного интеллекта.

Таблица 2 – Принципы внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Принципы	Содержание
Эффективности	Достижение поставленных целей с наименьшими затратами применяемых ресурсов, обеспечение высокой экономичности функционирования аппарата управления отраслью
Приоритетности внедрения	Приоритетное внедрение систем в отраслях и регионах с наибольшим потенциалом повышения народнохозяйственной эффективности, а также в сельских территориях
Комплексности	Учет при применении систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве всех основных аспектов аграрного производства: технических, технологических, социально – экономических
Конфиденциальности	Обеспечение защиты конфиденциальных данных, с которыми взаимодействует система искусственного интеллекта, от несанкционированного доступа, утечек и злоупотреблений
Понятности	Результаты работы систем искусственного интеллекта должны быть понятными, интерпретируемыми работниками и специалистами сельского хозяйства
Предсказуемости	Результаты деятельности по применению систем искусственного интеллекта должны быть предсказуемыми на основе используемых алгоритмов и данных для анализа параметров работы систем по заданным критериям качества и безопасности
Технологического суверенитета	Приоритетное применение систем искусственного интеллекта, созданных на программных и аппаратных средствах отечественного производства

Источник: разработано автором

Субъектами внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве являются хозяйствующие субъекты: крестьянские фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели, общества с ограниченной ответственностью, кооперативы, агрохолдинги (рисунок 2).

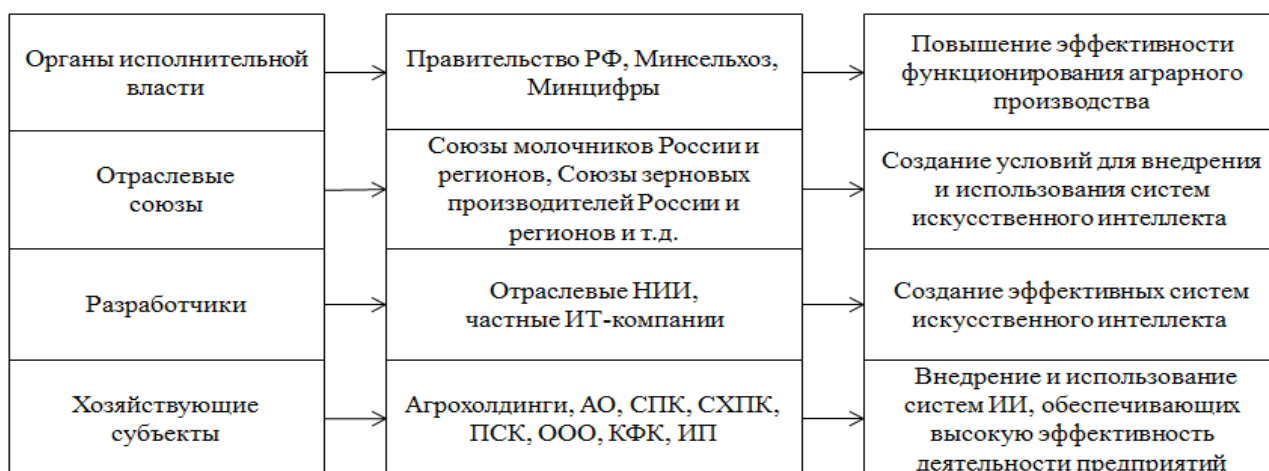


Рисунок 2 – Субъекты внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и их цели

Источник: разработано автором

В качестве объектов внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве следует рассматривать материальные и нематериальные элементы производства и управления: технику и оборудование, технологии, бизнес-процессы, рабочие места, хозяйствующие субъекты, отрасль сельского хозяйства (рисунке 3).

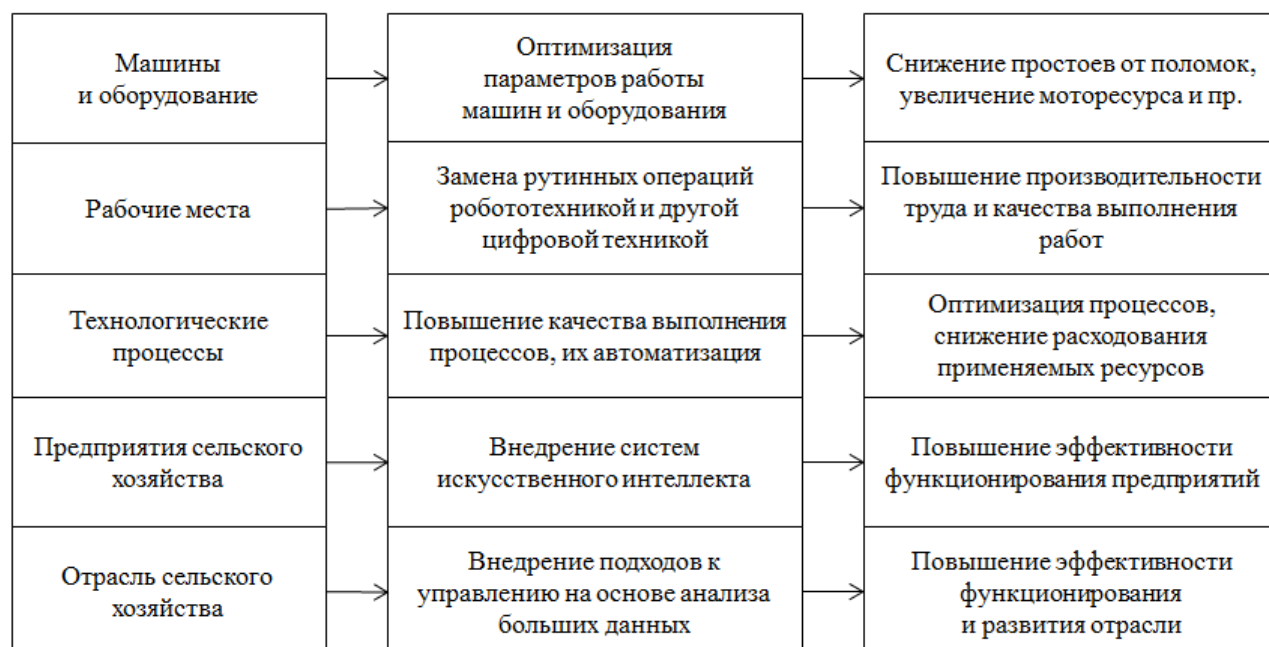


Рисунок 3 – Объекты внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, основные задачи и ожидаемые результаты

Источник: разработано автором



Использование систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может происходить на различных уровнях и в различных контекстах. Применение этих систем в бизнес-процессах, на рабочих местах, в системах управления сельским хозяйством может существенно различаться по целям и способам использования искусственного интеллекта. Однако на всех этих объектах системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяют повысить эффективность, снизить затраты и увеличить производительность труда.

Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве обладают значительными возможностями в повышении эффективности функционирования и управления отраслью на всех уровнях. Так, на уровне организации их применение позволяет прогнозировать урожайность сельхозкультур, определять оптимальные сроки посева и уборки, выполнять анализ используемых ресурсов, в том числе воды, почвы, средств защиты растений и т.д., прогнозировать погоду, риски заболеваний растений и животных и пр. На уровне региона применение этих систем в управлении сельским хозяйством позволяет оптимизировать цепочки поставок, обеспечить высокую эффективность управления земельными ресурсами, оперативное реагирование на запросы субъектов хозяйствования, прогнозирование развития сельского хозяйства. На уровне государства применение систем искусственного интеллекта в управлении сельским хозяйством позволяет повышать точность планирования показателей развития отрасли, прогнозировать цены на продовольствие на мировом и отечественном рынках, оптимизировать размещение и специализацию сельскохозяйственного производства по регионам и т.д.

Концепция позволяет определять общую идею, направления действий, которые могут быть использованы для достижения целей внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

На рисунке 4 представлены важнейшие элементы концепции внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

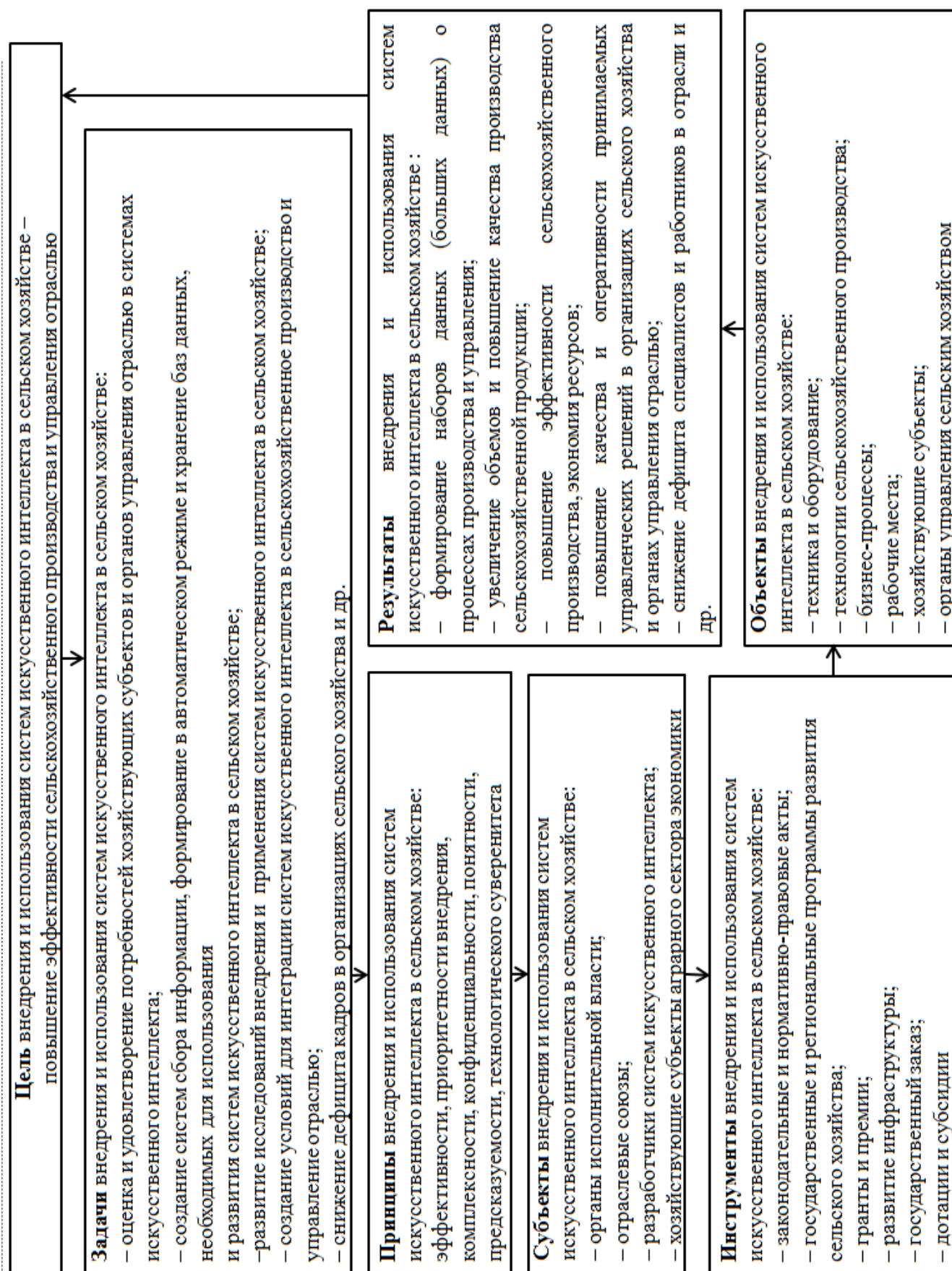


Рисунок 4 – Концепция внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: разработано автором

### **3. Классификация систем искусственного интеллекта, применяемых в сельском хозяйстве**

Очень важна классификация систем искусственного интеллекта «по областям применения», что отражает конкретные области, виды деятельности организаций сельского хозяйства, государственных органов, осуществляемые с помощью систем искусственного интеллекта. Другой вариант классификации – «по методам обработки информации». Он весьма важен для систематизации знаний о системах искусственного интеллекта, применяемых в отрасли. Кроме того, полезен для разработчиков систем, специалистов в области компьютерных наук и смежных дисциплин, позволяя им выбирать оптимальные технологии, методы или алгоритмы искусственного интеллекта для решения конкретных задач. Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве «по функциям контура управления» показывает, каким образом конкретные системы искусственного интеллекта могут быть применены в различных областях, каков спектр решаемых задач и направления повышения их точности и эффективности. Также системы искусственного интеллекта для сельского хозяйства можно классифицировать «по субъектам применения». Это системы, применяемые в субъектах хозяйствования, и системы, применяемые органами управления отраслью на разных уровнях. Классификация «по видам систем» предполагает их деление по способности и потенциалу решать определенные виды задач в сельском хозяйстве, что позволяет определять конкретные области знаний, перечни задач, наборы технологий для их решения, границы применимости систем и формулировать ограничения, связанные с их использованием. Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве «по степени автономности» отражает способность этих систем принимать решения без участия человека.

В сельском хозяйстве применяется множество систем искусственного интеллекта, что требует их классификации (рисунок 5).

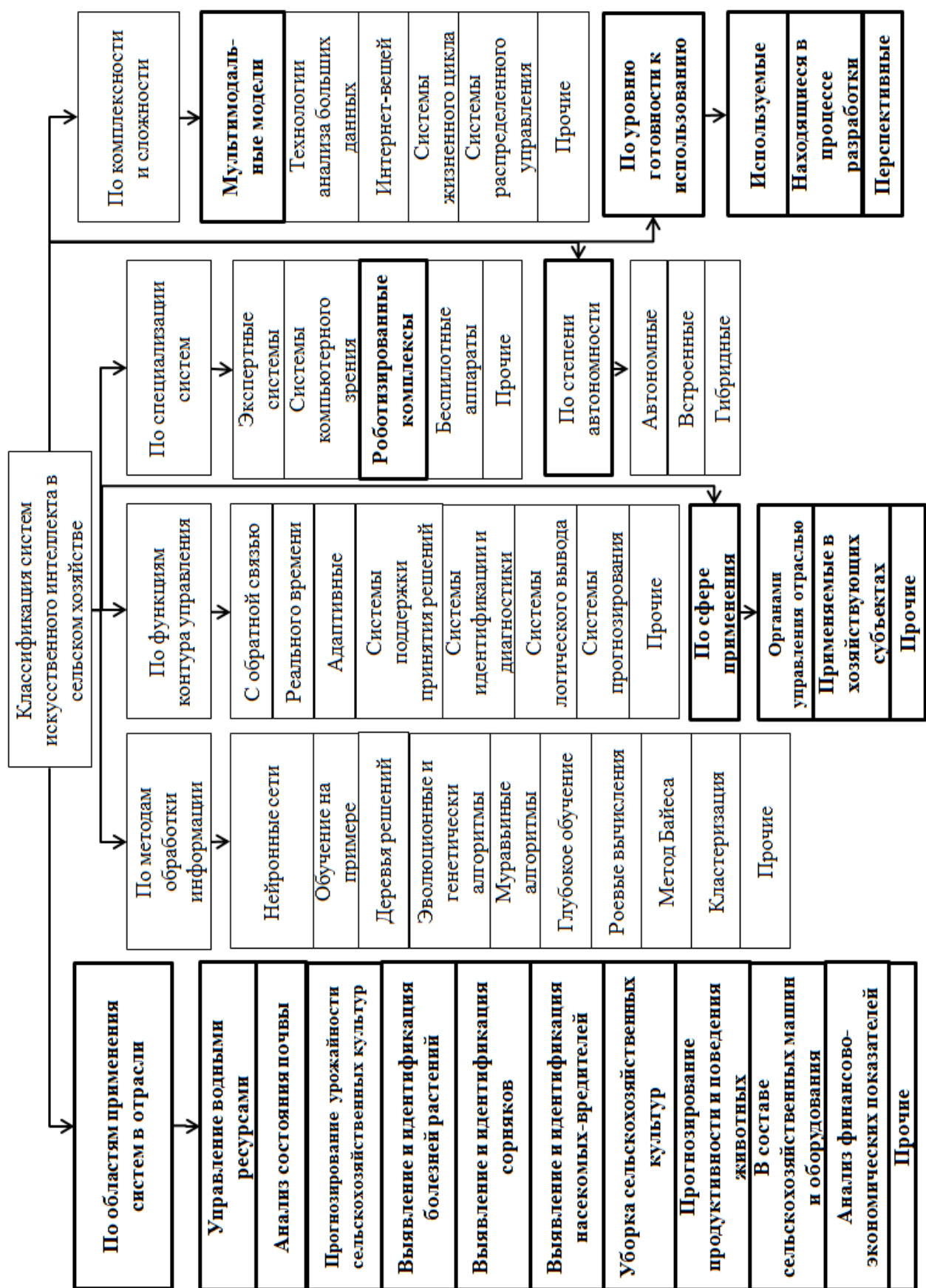


Рисунок 5 – Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: составлено автором на основе ГОСТ Р 59277— 2020 (жирным шрифтом – предложено автором)

Классификация «по комплексности» связана с уровнем сложности выполняемых задач и количеством данных, которые они могут обрабатывать. Классификация «по уровню готовности к использованию» отражает определенные этапы их жизненного цикла. Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет систематизировать знания и ожидания, связанные с развитием этих систем, определять границы их применимости, выбирать оптимальные системы для решения задач производства и управления отраслью, определять приоритетные направления развития этих систем, выделять наиболее значимые и перспективные из них.

#### **4. Комплекс методик оценки деятельности по внедрению и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве**

В основе оценки используемых в организациях сельского хозяйства систем искусственного интеллекта лежит выявление конкретных результатов или эффектов от их использования. При этом может быть выявлен как прямой, так и косвенный эффект.

Научно-технический эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в использовании принципиально новых средств производства, которые позволяют повышать валовое производство продукции, производительность труда, добиваться прироста инвестиций в отрасль, повышать качество жизни населения сельских территорий. Социальный эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в улучшении многих аспектов жизни, прежде всего условий труда работников сельского хозяйства. Экологический эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в снижении воздействий на окружающую среду в результате более эффективного использования ресурсов. Применение данных систем может иметь экономический эффект от повышения уровня безопасности, что находит выражение в снижении несчастных случаев и травматизма на производстве.

Кадровый эффект от применения данных систем состоит в снижении негативного воздействия дефицита кадров на отрасль. Массовое применение в

сельском хозяйстве этих систем позволит обеспечить приток в отрасль молодых работников, которые предпочитают взаимодействие с цифровыми технологиями. Народнохозяйственный эффект от применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве состоит в росте ВВП сельского хозяйства, создании высокопроизводительных рабочих мест, повышении благосостояния жителей сельских территорий, повышении экспортного потенциала сельского хозяйства.

Применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве требует соответствующей ресурсной базы. Она представляет собой совокупность необходимых организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью материально-технических, финансовых, трудовых, инфраструктурных и других ресурсов для внедрения и использования этих систем в организациях сельского хозяйства и органах управления отраслью.

Важным фактором, оказывающим влияние на эффективность использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, являются генераторы ресурса. Это технологии или процессы, которые позволяют создавать новые ресурсы или повышать эффективность использования имеющихся в организациях сельского хозяйства и органах управления отраслью.

Основные составляющие экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве представлены на рисунке 6.

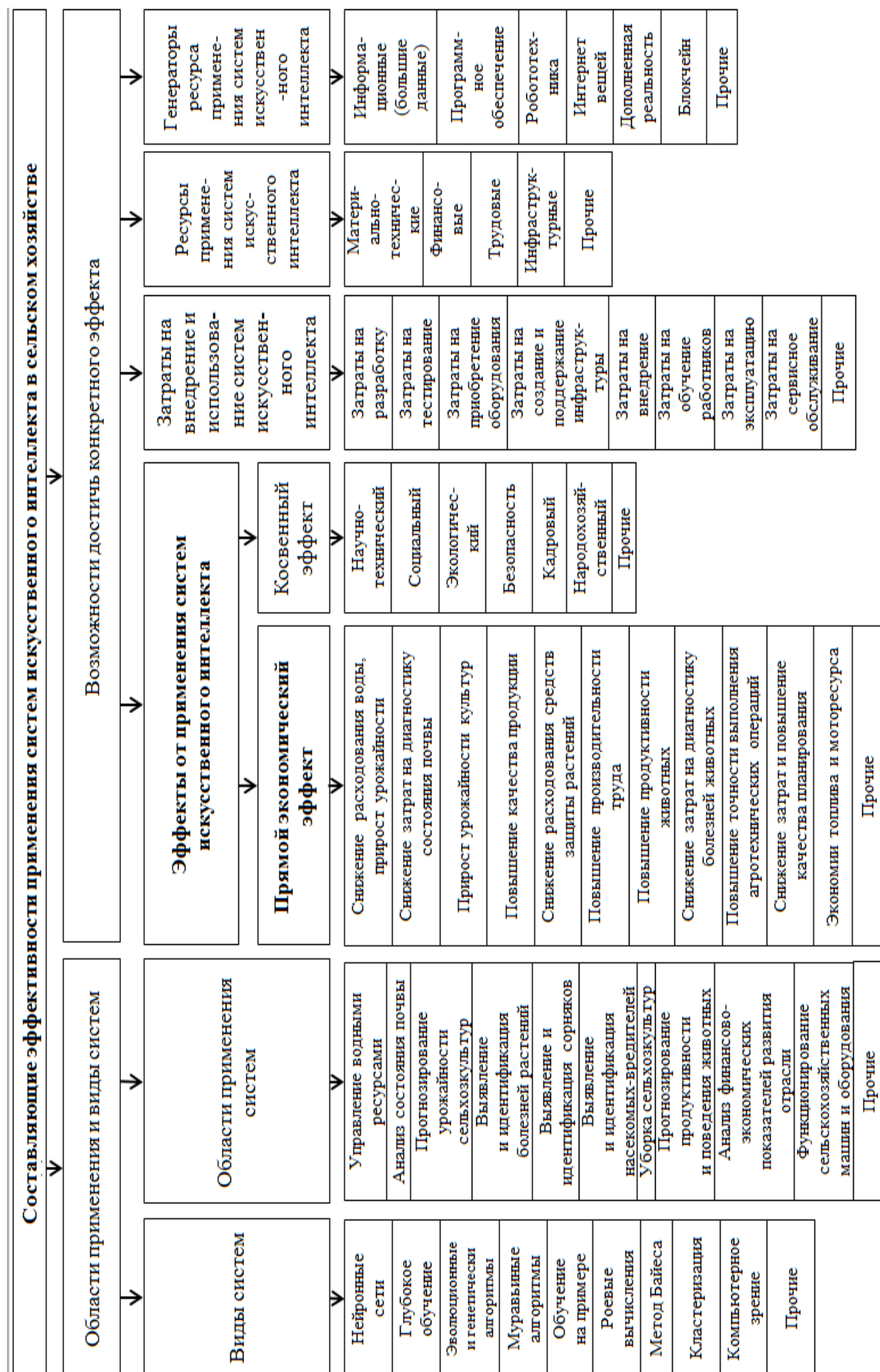


Рисунок 6 – Виды систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, области их применения, эффекты, затраты и ресурсная база применения  
 Источник: разработано автором



Применение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – сложный процесс, на который влияют различные факторы (таблица 3).

Таблица 3 – Основные факторы, влияющие на внедрение и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Внутренние факторы	Внешние факторы
Наличие системы сбора хранения, предварительной обработки данных в автоматическом режиме	Наличие нормативно-правовой базы регулирования применения систем искусственного интеллекта в отрасли
Наличие знаний и навыков у работников сельского хозяйства по взаимодействию с системами искусственного интеллекта	Подготовка в учебных заведениях различного уровня специалистов с навыками по взаимодействию с системами искусственного интеллекта
Количество рабочих мест (объектов производства) с доступом к сети Интернет	Развитие инфраструктуры, обеспечивающей внедрение и использование систем искусственного интеллекта
Наличие финансовых ресурсов для внедрения систем искусственного интеллекта	Государственная поддержка разработки и внедрения систем искусственного интеллекта
Сопротивление работников применению систем искусственного интеллекта	Прогресс в области развития систем искусственного интеллекта, состояние развития рынка этих систем
Интеграция систем искусственно интеллекта в сельскохозяйственное производство и управление	Конкурентоспособность отрасли в условиях применения систем искусственного интеллекта

Источник: разработано автором

Анализ внутренних факторов позволяет оценить возможности организаций сельского хозяйства по внедрению этих систем. Анализ внешних факторов позволяет получить представление об условиях, в которых происходит внедрение и использование систем искусственного интеллекта, использовать эту информацию для адаптации организаций к изменениям внешней среды. Анализ данных факторов может быть использован также для разработки стратегии и тактики развития этих систем в отрасли.

В процессе исследования разработана методология внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, представляющая собой совокупность соответствующих подходов, методов и методик. Она включает, прежде всего, методику определения приоритетных направлений внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве (рисунок 7).



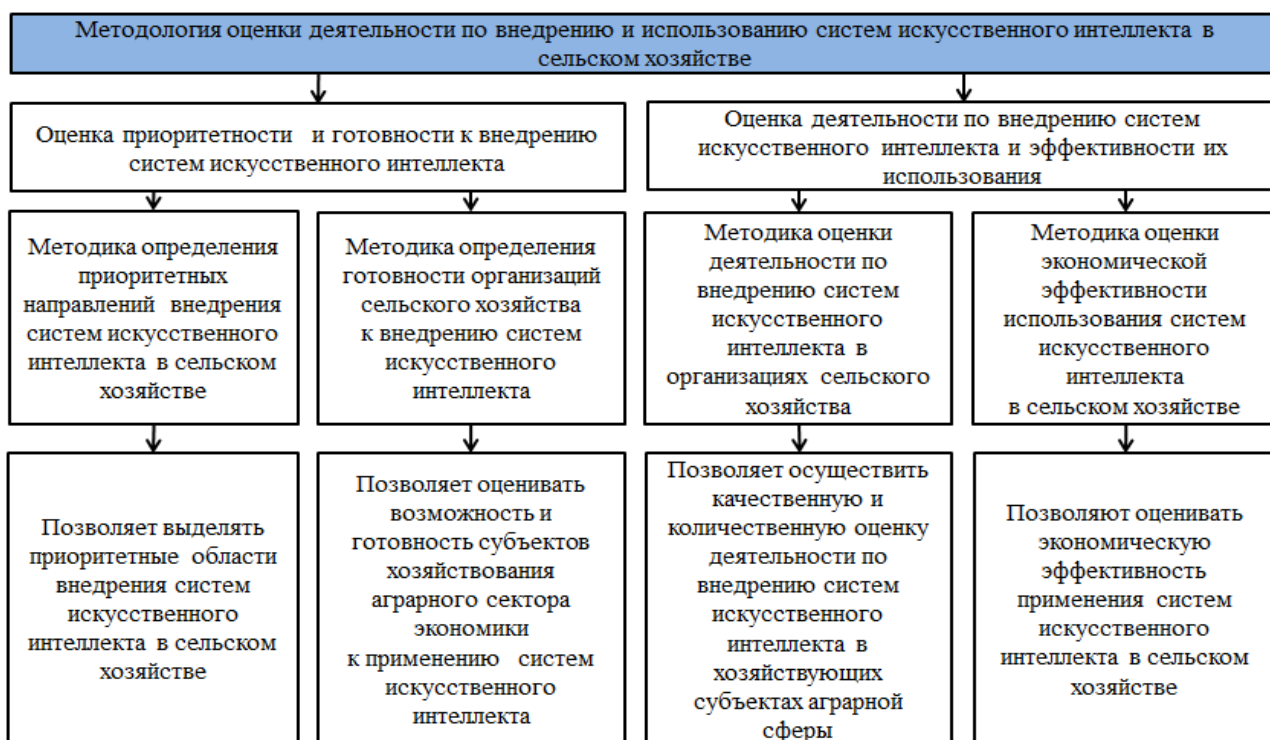


Рисунок 7 – Методология оценки деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: разработано автором

Существует несколько альтернативных областей (направлений) внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. При этом возникает необходимость выбора первоочередных, приоритетных направлений их внедрения, что связано, прежде всего, с ограниченными ресурсами. Это во многом определяется ожидаемыми эффектами, которые сопровождают внедрение систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Наиболее значимыми, определяющими приоритеты, направлениями (областями) внедрения данных систем, являются ожидаемые экономические эффекты от их применения. Таковыми являются рост производства валовой продукции, увеличение производительности труда, сокращение издержек производства и т.д. Возможны и другие виды ожидаемых эффектов – социальные, кадровые и иные. Набор эффектов и их выбор зависит от особенностей и проблем региона и конкретной организации сельского хозяйства.

Если совокупность эффектов превышает затраты на внедрение систем

искусственного интеллекта, внедрение этой системы в данной подотрасли признается целесообразным. Если ожидаемые эффекты от внедрения имеют низкие значения или сопоставимы с затратами на внедрение системы искусственного интеллекта, внедрение ее в подотрасли является преждевременным.

Другим критерием, определяющим приоритетность внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, является доля данных, получаемых автоматическим способом. Наиболее приоритетной для внедрения этих систем является подотрасль с наибольшими значениями долей данных, получаемых автоматическим способом. Ограничением для внедрения систем искусственного интеллекта подчас является доля рабочих мест с доступом к сети Интернет. В связи с этим критерием приоритетности для внедрения систем искусственного интеллекта является доля рабочих мест с доступом к сети Интернет. Так, если доля рабочих мест с доступом к сети Интернет низкая, внедрение и использование систем искусственного интеллекта могут быть преждевременными.

Важное значение имеет определение готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта, что требует выявления сильных и слабых сторон этих организаций, определения необходимых шагов по подготовке к внедрению систем.

Готовность организации сельского хозяйства к внедрению конкретной системы искусственного интеллекта определяется рядом факторов: наличием необходимых финансовых средств, наличием квалифицированных кадров и т.д. Их перечень находится в зависимости от специфики организации. Со временем он может варьироваться (изменяться, сокращаться, дополняться).

Оценку данных факторов и, соответственно, готовности организации отрасли к внедрению конкретной системы искусственного интеллекта можно осуществлять с помощью метода экспертной оценки. Для этого следует, прежде всего, определить среднюю оценку значимости конкретного фактора ( $F_i$ ) как среднюю арифметическую оценок всех экспертов по формуле:

$$F_i = \frac{\sum_{i=1}^i F_{jk}}{N}, \quad (1)$$

где  $F_{jk}$  – оценка значимости  $j$ -го фактора  $k$ -м экспертом по 10-балльной шкале, баллы;

$N$  – численность группы экспертов, чел.;

$j$  – порядковый номер оцениваемого фактора,  $j = 1, \dots, M$ .

$k$  – порядковый номер эксперта.

Можно определять также относительную оценку значимости фактора  $R_j$  как отношение средней оценки значимости фактора ( $A_j$ ) к сумме средней оценки значимости всех факторов, по формуле:

$$R_j = \frac{A_j}{\sum_{j=1}^J A_j}, \quad (2)$$

где  $J$  – число факторов комплексной оценки.

Следует предъявлять определенные требования к экспертам. Они должны иметь опыт работы с системами искусственного интеллекта, понимание конъюнктуры рынка цифровых технологий, умение анализировать бизнес-процессы, иметь аналитические и коммуникативные способности. К обязательным навыкам следует отнести знание специфики сельскохозяйственного производства.

Готовность к внедрению в организации системы искусственного интеллекта  $PV_{jk}$  определяется как сумма произведений балльных оценок влияния каждого фактора на относительную оценку их значимости, по формуле:

$$PV_{jk} = \frac{\sum_{j=1}^J F_{jk} \times R_j}{J}, \quad (3)$$

где  $F_{jk}$  – оценка  $j$ -го фактора  $k$ -м экспертом;

$R_j$  – относительная оценка значимости фактора;

$k$  – порядковый номер эксперта,  $k = 1, \dots, N$ ;

$j$  – порядковый номер фактора комплексной оценки объекта,  $j = 1, \dots, M$ .

Оценка завершается присвоением рангов приоритетности внедрения

каждой системе искусственного интеллекта, которые могут быть обозначены цифрами натурального ряда от 1 до  $p$ , где  $p$  – количество оцениваемых систем (объектов, рабочих мест, процессов). При этом наименьший ранг соответствует системе (объекту, рабочему месту, процессу) с наивысшей оценкой приоритетности. Определение готовности организации сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта, оценка потенциала организации для успешного их внедрения, разработка плана соответствующих действий, позволяют минимизировать риски и максимизировать выгоды от внедрения этих систем.

Важное значение имеет оценка деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. При этом следует руководствоваться следующими принципами. Принцип «комплексности» предполагает учет различных аспектов деятельности по внедрению системы искусственного интеллекта. Принцип «целенаправленности» предполагает осуществление этой деятельности в соответствии с научно обоснованными целями. Принцип «измеримости» предполагает возможность измерения, осуществления количественных и качественных оценок процесса внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Учет данных принципов позволяет повысить эффективность деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства.

Предлагается использовать несколько показателей, характеризующих деятельность по внедрению определенных систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Данные показатели позволяют разрабатывать и реализовать меры по активизации деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Это может найти выражение в улучшении финансирования исследований в этой области, в создании благоприятных условий для внедрения этих систем, в соответствующей подготовке работников сельского хозяйства (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства

Показатель	Расчет
1. Сроки внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства ( $СВ_{внедр}$ )	$СВ_{внедр} = \frac{ПВ_{иифакт}}{ПВ_{ииплан}} \times 100\%,$ <p>где <math>ПВ_{иифакт}</math>, <math>ПВ_{ииплан}</math> – фактический и плановый (нормативный) срок внедрения системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно, дни (месяцы, годы)</p>
2. Ресурсоемкость внедрения систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства ( $Р_{внедр}$ )	$Р_{внедр} = \frac{З_{иифакт}}{З_{ииплан}} \times 100\%,$ <p>где <math>З_{иифакт}</math>, <math>З_{ииплан}</math> – фактические и плановые (нормативные) затраты на внедрение систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно, р.</p>
3. Объем данных, полученный с применением систем искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства ( $И_{ии}$ )	$И_{ии} = \frac{И_a}{И_{общ}} \times 100\%,$ <p>где <math>И_a</math> – объем информации, получаемой автоматически (с помощью датчиков, сканеров, видеокамер, трекеров), байт; <math>И_{общ}</math> – общий объем информации, используемой организацией сельского хозяйства, байт</p>
4. Масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства ( $М_{внедр}$ )	$М_{внедр} = \frac{РМ_{ии}}{РМ_{общ}} \times 100\%,$ <p>где <math>РМ_{ии}</math>, <math>РМ_{общ}</math> – количество процессов (рабочих мест), использующих системы искусственного интеллекта, и общее количество процессов (рабочих мест) в организации сельского хозяйства соответственно, ед.</p>
5. Достижение системами искусственного интеллекта проектных показателей функционирования в организации сельского хозяйства ( $ПП_{ии}$ )	$ПП_{ии} = \frac{ПП_{факт}}{ПП_{план}} \times 100\%,$ <p>где <math>ПП_{факт}</math>, <math>ПП_{план}</math> – фактические и плановые (нормативные) показатели функционирования системы искусственного интеллекта в организации сельского хозяйства соответственно</p>

Источник: разработано автором

Весьма важна оценка эффективности использования систем искусственного интеллекта в организациях отрасли. Данные показатели позволяют осуществлять сравнение ожидаемых и фактических результатов использования систем искусственного интеллекта, что дает возможность организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью делать обоснованные выводы о целесообразности применения систем искусственного интеллекта, принимать взвешенные решения о целесообразности расходования финансовых средств на их разработку и внедрение (таблица 5).

**Таблица 5 – Показатели экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве**

Показатели	Формулы расчета показателей
Экономическая эффективность снижения расходов ресурсов ( $\text{Эф}_p$ ) за счет применения систем искусственного интеллекта	$\text{Эф}_p = \frac{(\Phi_1 \times C - \Phi_2 \times C) \times O_p}{Z_{\text{ии}}},$ <p>где <math>\Phi_1, \Phi_2</math> – фактический расход ресурсов (воды, топлива, семян, удобрений, средств защиты растений) до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, кг (л, ц, т); <math>C</math> – стоимость единицы ресурса,; <math>O_p</math> – объем выполненных работ, га (ч, т-км и т.д.); <math>Z_{\text{ии}}</math> – затраты связанные с применением системы искусственного интеллекта, руб.</p>
Экономическая эффективность мероприятий по повышению урожайности культуры ( $\text{Эф}_{\text{пу}}$ ) за счет применения систем искусственного интеллекта	$\text{Эф}_{\text{пу}} = \frac{Y_{p2} \times \text{Пл} \times \text{Ц}_p - Y_{p1} \times \text{Пл} \times \text{Ц}_p}{Z_{\text{ии}}},$ <p>где <math>Y_{p2}, Y_{p1}</math> – урожайность сельскохозяйственной культуры после и до внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/га; Пл – площадь возделывания, га; <math>\text{Ц}_p</math> – цена реализации продукции, руб./ц.</p>
Экономическая эффективность мероприятия по внедрению системы планирования деятельности организации с использованием систем искусственного интеллекта ( $\text{Эф}_{\text{план.орг}}$ )	$\text{Эф}_{\text{план.орг}} = \frac{(Z_{\text{пл1}} - Z_{\text{пл2}}) \times K_{\text{внедр}}}{Z_{\text{ии}}},$ <p>где <math>Z_{\text{пл1}}, Z_{\text{пл2}}</math> – затраты на планирование до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, руб.; <math>K_{\text{внедр}}</math> – коэффициент внедрения системы искусственного интеллекта.</p>
Экономическая эффективность повышения качества сельскохозяйственной продукции ( $\text{Эф}_{\text{кп}}$ ) за счет применения системы искусственного интеллекта	$\text{Эф}_{\text{кп}} = \frac{Y_{p2} \times \text{П}_{\text{л/ж}} \times \text{Ц}_{p2} - Y_{p1} \times \text{П}_{\text{л/ж}} \times \text{Ц}_{p1}}{Z_{\text{ии}}},$ <p>где <math>Y_{p1}</math> и <math>Y_{p2}</math> – урожайность культуры до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/га; Пл – площадь возделывания, га; <math>\text{Ц}_1</math> и <math>\text{Ц}_2</math> – цены реализации продукции до и после внедрения системы искусственного интеллекта, руб./ц.</p>
Экономическая эффективность мероприятий по повышению производительности труда ( $\text{Эф}_{\text{пт}}$ ) за счет применения системы искусственного интеллекта	$\text{Эф}_{\text{пт}} = \frac{(Z_{\text{т1}} \times C_{\text{т}} - Z_{\text{т2}} \times C_{\text{т}}) \times O_p}{Z_{\text{ии}}},$ <p>где <math>Z_{\text{т1}}, Z_{\text{т2}}</math> – затраты труда на единицу продукции до и после внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, чел.-ч; <math>C_{\text{т}}</math> – стоимость 1 чел.-ч, руб.; <math>O_p</math> – объем выполненных работ, га, ц и т.д.</p>
Экономическая эффективность мероприятия по повышению продуктивности животных ( $\text{Эф}_{\text{пп}}$ ) за счет применения системы искусственного интеллекта	$\text{Эф}_{\text{пп}} = \frac{P_{p2} \times \text{П}_{\text{ж}} \times \text{Ц}_p - P_{p1} \times \text{П}_{\text{ж}} \times \text{Ц}_p}{Z_{\text{ии}}},$ <p>где <math>P_{p2}, P_{p1}</math> – продуктивность животных после и до внедрения системы искусственного интеллекта соответственно, ц/гол.; <math>\text{П}_{\text{ж}}</math> – поголовье животных, гол.; <math>\text{Ц}_p</math> – цена реализации продукции, руб./ц.</p>

Источник: разработано автором

Это также помогает организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью проводить мониторинг и анализировать результаты применения этих систем. При несоответствии фактических результатов

использования систем ожиданиям следует своевременно предпринимать корректирующие воздействия. Определение экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта позволяет делать выводы о наличии или отсутствии конкурентных преимуществ организаций сельского хозяйства, использующих эти системы, по сравнению с организациями, применяющими традиционные технологии. Высокая экономическая эффективность применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет привлекать дополнительные инвестиции в их разработку и внедрение, расширять круг заинтересованных сторон в использовании данных систем.

При рассмотрении определенных видов техники и систем искусственного интеллекта должен применяться соответствующий набор показателей, отражающих их специфику. Применение его позволяет оптимизировать данный процесс. Так, в организациях сельского хозяйства Свердловской области используется несколько видов робототехники, в частности более 50 доильных роботов. Можно привести сравнительную оценку используемых доильного робота с лазером и доильного робота с компьютерным (машинным) зрением. Качество доения связано с выделением гормона окситоцина, который способствует отдаче молока. При этом надежность присоединения доильных стаканов к соскам повышается до 99,8%. Сокращается время на присоединение доильных стаканов в среднем на 60 с по сравнению с роботом с позиционированием манипулятора лазером. Это позволяет существенно повышать продуктивность животных (до 9644,3 кг). При этом также повышается товарность молока – до 95,2%, жирность – до 3,77% за счет подготовки к процессу доения. Таким образом, доильный робот с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением позволяет улучшать подготовку вымени к доению и качество процесса доения по сравнению с роботом с позиционированием манипулятора лазером (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнительная оценка доильного робота с лазером и доильного робота с компьютерным (машинным) зрением, применяемых в хозяйствах Свердловской области

Показатель	Доильный робот с позиционированием манипулятора лазером DeLaval VMS	Доильный робот с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением DeLaval VMST <sup>TM</sup> V310
Стоимость доильного робота, млн руб.	19,0	21,0
Количество скота, гол.	110	110
Надежность присоединения доильных стаканов к соскам, %	96,6	99,8
Средняя интенсивность молоковыведения в целом за доение, кг/мин.	2,01±0,80	2,1±0,80
Продуктивность, кг	8611,1	9644,3
Валовое производство, ц	9472,2	10608,7
Товарность, %	94,3	95,2
Реализовано молока, ц	8932,3	10099,5
Фактическая жирность молока, %	3,70	3,77
Зачетный вес молока жирностью 3,5%, ц	9442,7	10878,1
Цена реализации молока, руб./ц	3465,0	3465,0
Себестоимость молока, руб./ц	2298,0	2305,0
Себестоимость реализованного молока, руб./ц	205264,1	232793,7
Выручка, тыс. руб.	327189,6	376926,2
Прибыль от реализации продукции, тыс. руб.	121925,4	144132,4
Экономический эффект, тыс. руб.	-	22207,0
Рентабельность молока, %	59,40	61,91

Источник: разработано автором

Применение доильного робота с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением позволяет повышать рентабельность производства до 61,9%, или на 2,5 п.п. по сравнению с использованием робота с позиционированием манипулятора лазером.

## 5. Организационно – экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Эффективная деятельность по внедрению и использованию систем



искусственного интеллекта в сельском хозяйстве требует создания и использования специального механизма. Это может быть организационно-экономический механизм. Организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве – совокупность методов, процедур и инструментов, которые применяются органами исполнительной власти в деятельности по внедрению этих систем в отрасли; включает блоки: организационно-управленческий, финансово-экономический, технико-технологический, правовой, социальный, мотивационный, а также инструментарий прямого и косвенного воздействия, содержащий законодательные и регуляторные методы, методы планирования и прогнозирования, развития инфраструктуры, программно-целевого управления, бюджетного регулирования и субсидирования. В данный механизм следует включать организации сельского хозяйства, отраслевые союзы, органы системы государственного управления сельским хозяйством всех уровней, организации, участвующие в производстве, внедрении и использовании систем искусственного интеллекта в отрасли. При этом федеральные и региональные органы исполнительной власти и отраслевые союзы должны использовать соответствующий инструментарий прямого и косвенного воздействия, включающий законодательные и регуляторные методы, методы планирования и прогнозирования, меры по формированию и развитию инфраструктуры, программно-целевое воздействие, бюджетное регулирование и субсидирование.

Организационно-экономический механизм целесообразно разделить по направлениям, на несколько взаимосвязанных блоков:

- организационно-управленческий;
- финансово-экономический;
- технико-технологический;
- правовой;
- социальный;
- мотивационный.

Организационно-управленческий блок является ключевым для

достижения целей внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Реализация функций этого блока позволяет повышать эффективность деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в отрасли, обеспечивать координацию и управление этой деятельностью. Финансово-экономический блок включает элементы, связанные с финансовыми и экономическими аспектами деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Реализация функций блока позволяет обеспечить положительные финансовые результаты функционирования сельского хозяйства в условиях внедрения и использования систем искусственного интеллекта. Техно-технологический блок предназначен для непосредственного внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Он включает комплекс мероприятий и компонентов, направленных на интеграцию систем искусственного интеллекта в производственные и управленческие процессы организаций сельского хозяйства. Правовой блок внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве охватывает набор правовых и регуляторных инструментов, обеспечивающих безопасное и ответственное их применение в отрасли. Этот блок направлен на обеспечение требований законодательства, выполнение критериев ответственного и безопасного использования систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства. Мотивационный блок направлен на стимулирование деятельности заинтересованных сторон, создание условий для внедрения систем искусственного интеллекта в организации отрасли (рисунок 9).

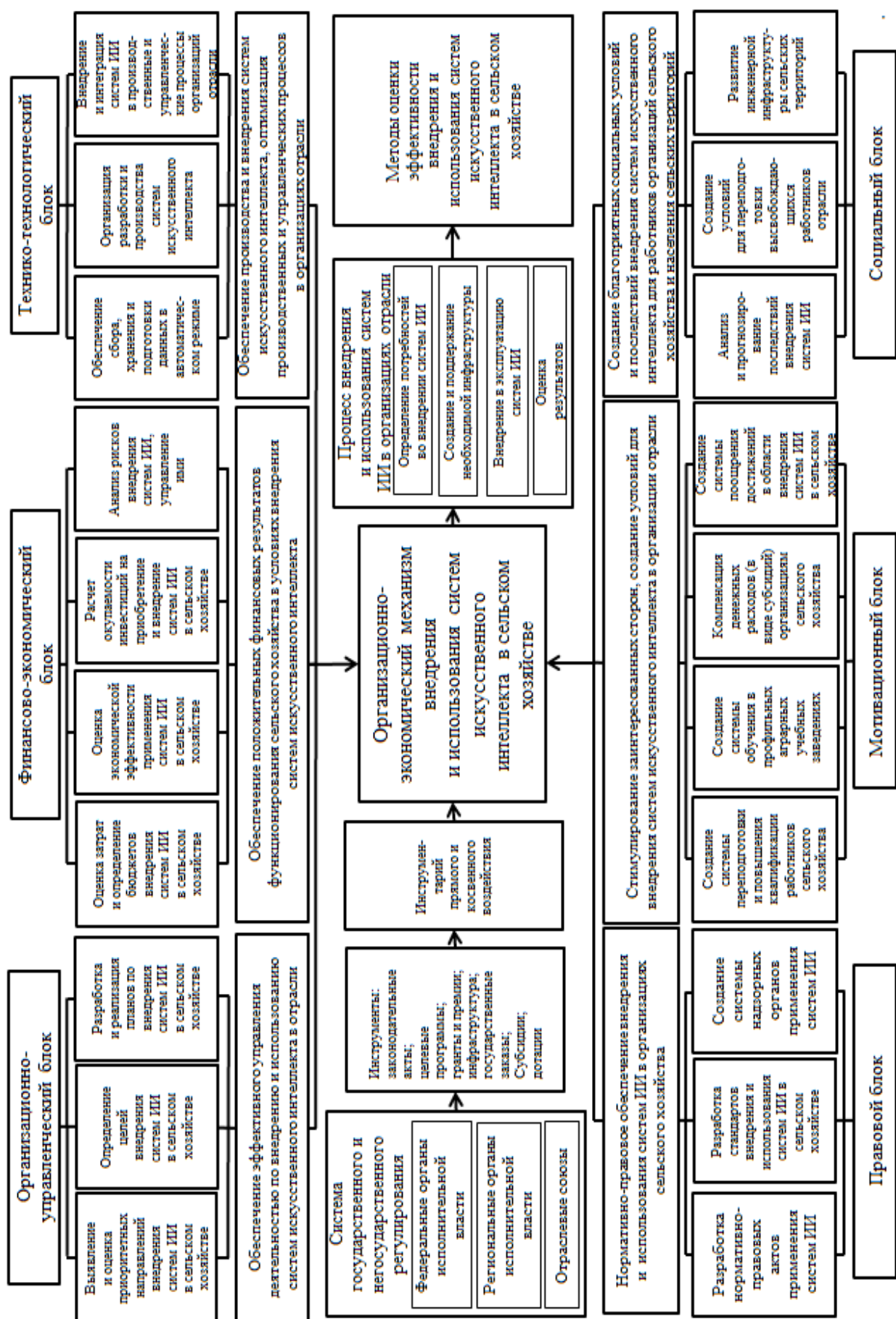


Рисунок 9 – Организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Источник: разработано автором

Социальный блок направлен на объективный учет, улучшение социальных условий и последствий внедрения систем искусственного интеллекта для работников организаций сельского хозяйства и населения сельских территорий. Использование организационно-экономического механизма внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет активизировать и повышать эффективность деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства, что позволит повысить конкурентоспособность отрасли

#### **6. Сценарный прогноз развития систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве**

В исследовании использован метод сценарного планирования, который предполагает разработку сценариев внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как ориентиров, комплекса мер со стороны государства и хозяйствующих субъектов по развитию этих систем. Сценарии позволяют выбирать приоритетные направления деятельности по созданию, внедрению и использованию систем искусственного интеллекта, конкретизировать цели и задачи, разрабатывать меры по их реализации.

Важнейшим инструментом сценарного планирования является разработка матрицы сценариев. В качестве элементов – сторон матрицы считаем целесообразным использовать уровни активности организаций сельского хозяйства во внедрении систем искусственного интеллекта (низкий, средний и высокий) и технологическую позицию государства (низкую, умеренную и высокую). Сопоставление технологических позиций государства и уровней активности организаций сельского хозяйства позволило разработать матрицу, включающую девять актуальных сценариев.

Использование матрицы сценариев позволяет органам управления отраслью выбирать оптимальную стратегию и политику, направленную на разработку, внедрение и использование систем искусственного интеллекта в отрасли (таблица 7).

**Таблица 7 – Матрица сценариев внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве РФ**

	Низкая технологическая позиция государства	Умеренная технологическая позиция государства	Высокая технологическая позиция государства
Высокий уровень активности организаций сельского хозяйства во внедрении систем искусственного интеллекта	В. Поддерживающий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Отсутствие отечественных разработок, внедрение систем ИИ, разработанных за рубежом. Высокие показатели применения систем ИИ в отдельных отраслях (4-5 отраслей) сельского хозяйства. Приняты отдельные нормативно-правовые документы в области применения систем ИИ. Средний уровень конкурентоспособности организаций сельского хозяйства	Е. Средний уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Копирование передовых решений на основе ИИ для сельского хозяйства. Наличие профильного НИИ по разработке систем ИИ для сельского хозяйства. Все работники умеют взаимодействовать с системами ИИ. Разработана система нормативно-правовых актов в области применения систем ИИ. Высокая конкурентоспособность организаций сельского хозяйства	И. Кратное увеличение финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Технологическое лидерство по разработке и внедрению систем ИИ в сельское хозяйство. Экспорт технологических решений на основе ИИ. Отечественные стандарты применения систем ИИ приняты за рубежом. Наличие нескольких инженерных школ по разработке систем ИИ и робототехники для сельского хозяйства. Высокая конкурентоспособность организаций сельского хозяйства
Средний уровень активности организаций сельского хозяйства во внедрении систем искусственного интеллекта	Б. Низкий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Применение систем ИИ в 2-3 ключевых, ориентированных на экспорт отраслях сельского хозяйства. Работники обучаются навыкам взаимодействия с ИИ в центрах компетенций. Ведутся разработки по нормативно-правовому регулированию их применения. Низкая конкурентоспособность организаций сельского хозяйства	Д. Поддерживающий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Функционирование единой цифровой платформы АПК. Высокие показатели развития 4-5 ключевых отраслей сельского хозяйства. Развитая система подготовки работников с компетенциями по взаимодействию с ИИ. Приняты отдельные нормативно-правовые документы в области применения систем ИИ. Средний уровень конкурентоспособности организаций сельского хозяйства	З. Кратное увеличение финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Поточная разработка систем ИИ для большинства отраслей сельского хозяйства. Разработка роботов с ИИ для ключевых (свыше 5) отраслей сельского хозяйства. Все студенты в отраслевых учебных заведениях имеют навыки работы с системами ИИ. Разработана система нормативно-правовых актов в области применения систем ИИ. Высокая конкурентоспособность организаций сельского хозяйства
Низкий уровень активности организаций сельского хозяйства во внедрении систем искусственного интеллекта	А. Низкий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Ориентация на традиционные технологии сельскохозяйственного производства, утрата компетенций в развитии систем ИИ. Незначительная часть (до 25%) работников отрасли имеет навыки взаимодействия с системами ИИ. Отсутствует нормативно-правовое регулирование деятельности по применению систем ИИ.	Г. Низкий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Концентрация на теоретических разработках систем ИИ для отрасли. В отраслевых учебных заведениях имеются дополнительные курсы по обучению взаимодействию с системами ИИ. Отсутствует нормативно-правовое регулирование деятельности по применению систем ИИ.	Ж. Поддерживающий уровень финансирования разработок систем ИИ для сельского хозяйства. Имеются отдельные разработки систем ИИ и роботов, созданных отраслевыми НИИ и вузами. Все работники прошли повышение квалификации по взаимодействию с системами ИИ. Во всех отраслевых вузах студенты получают навыки взаимодействия с ИИ. Ведутся разработки по нормативно-правовому регулированию применения систем ИИ.

*Источник: разработано автором*

В процессе исследования разработаны два сценария внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Свердловской области – инерционный и инновационный, – содержащих результаты, к которым приведет реализация на практике организационно-экономического механизма их внедрения (таблица 8).

Таблица 8 – Прогноз применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Свердловской области до 2030 г.

Показатели	Единица измерения	2023 г.	Инерционный сценарий	Инновационный сценарий
Количество процессов в сельском хозяйстве, автоматизированных с применением систем искусственного интеллекта	ед.	-	2	5
Масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве	%	0,4	4,0	10,0
Масштаб внедрения систем искусственного интеллекта в процессе уборки зерновых	%	0,3	2,6	7,9
Удельный вес данных, полученных организациями сельского хозяйства с применением систем ИИ	%	-	10,0	25,0
Наличие в цифровом формате информации о сортах семян и саженцев сельскохозяйственных культур	%	-	50,0	100,0
Удельный вес генетической информации о племенных животных в цифровом формате	%	-	50,0	100,0
Прослеживаемость зерна и продуктов его переработки	%	-	50,0	100,0
Прослеживаемость оборота животноводческой продукции	%	-	50,0	100,0
Повышение квалификации работников предприятий сельского хозяйства по образовательным программам, включающим программы освоения компетенций по системам искусственного интеллекта	чел. в год	-	100	500
Доля коров, при доении которых применяются автоматизированные установки с системами искусственного интеллекта	%	0,44	2,2	10,0
Рост продуктивности животных от применения систем искусственного интеллекта	%	-	5,0	12,5
Рост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве	%	-	12,0	18,5
Доля комбайнов с автоматизированным управлением	%	0,03	1,0	5,0
Количество применяемой техники с элементами точного земледелия	ед.	431	1000	3800

Источник: разработано автором

Инерционный сценарий менее предпочтителен. Согласно ему системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве будут некоторое время развиваться за счет имеющегося потенциала, но он постепенно будет снижаться. Это скажется отрицательно на развитии сельского хозяйства, его конкурентоспособности. Инновационный сценарий – приоритетный, его реализация предполагает активизацию деятельности организаций сельского хозяйства региона по внедрению систем искусственного интеллекта, адекватную государственную поддержку данной деятельности, использование для этого предлагаемого организационно-экономического механизма.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Понятие «искусственный интеллект» зародилось в 40-х годах XX века и было связано с появлением первых электронно-вычислительных машин. В Советском Союзе исследования проблем искусственного интеллекта начались в конце 1950-х – начале 1960-х годов и как самостоятельное научное направление имели ряд этапов в своем развитии. На этапе зарождения (приблизительно с 1956 по 1970 г.) отмечаем создание первых экспертных систем, исследования в области перцептронов и многослойных нейронных сетей и т.д., не связанные напрямую с их применением в сельском хозяйстве. На втором этапе (условно с 1971 по 1991 г.) осуществлялись разработки для сельского хозяйства интеллектуальных роботов с системами искусственного интеллекта, экспертных систем, развивалась методология ситуационного управления на основе систем искусственного интеллекта. На третьем этапе (с 1992 по 2012 г.) в РФ происходило заметное снижение исследовательской активности в области систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства, однако началось коммерческое применение этих систем зарубежного производства в отрасли. На четвертом этапе (с 2012 г. по настоящее время) наблюдается прогресс в обучении сверточных нейронных сетей (сеть AlexNet). В целях регулирования этой деятельности принят Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»,

сформулирована «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г.».

2. При внедрении и использовании системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве следует учитывать отраслевую специфику: взаимодействие с живыми организмами; объектами, изменяющими свои характеристики с течением времени; наличие значительного количества неполных или поврежденных данных об объектах сельскохозяйственного производства. Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве рассматриваем как научное направление на стыке информатики и информационных технологий (компьютерных наук); экономики сельского хозяйства; инженерных наук в сельском хозяйстве; специфических отраслевых наук (агрономия, ветеринария, зоотехния и пр.). Как техническую систему рассматриваем «системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве» как совокупность программных и аппаратных средств, находящихся в определенных связях и образующих целостность, направленных на решение задач аграрного производства и управления с эффективностью, сопоставимой или превосходящей эффективность деятельности человека. Понятие «системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве» включает в себя различные технологии, методы, модели и алгоритмы, объединенные в единую систему, способную решать более сложные задачи. К основным элементам такой системы относим исполнительную подсистему, интеллектуальный интерфейс, набор данных (больших данных), методы интеграции, облачные вычисления, устройства сбора данных, элементы хранения и обработки данных, инструменты тестирования системы, подсистему управления, органы действия.

3. Разработана концепция внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, включающая цель и задачи применения этих систем в отрасли, а также принципы внедрения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Предложены инструменты внедрения систем искусственного интеллекта в сельское хозяйство: законодательные, регуляторные, программно-целевые, развития



инфраструктуры, государственные заказы, субсидии. Определены субъекты управления системами искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, объекты применения данных систем в сельском хозяйстве, предполагаемые результаты и эффекты.

4. Выявлены внешние факторы, влияющие на внедрение и использование систем искусственного интеллекта, находящиеся вне организаций сельского хозяйства. К внутренним факторам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве относятся те, которые непосредственно связаны с организациями сельского хозяйства и органами управления отраслью и их деятельностью. К ним относим наличие нормативно-правовой базы регулирования внедрения и использования системам искусственного интеллекта в отрасли, подготовку в учебных заведениях разных уровней специалистов с навыками по взаимодействию с системами искусственного интеллекта, развитие инфраструктуры, обеспечивающей внедрение и использование систем искусственного интеллекта и др.

5. Исследование показало, что в БД Web of Science имеется 1924 публикации (на конец 2022 г.) с ключевыми словами «сельское хозяйство» и «искусственный интеллект». География исследований довольно широка, от промышленно развитых стран (США, Франция, Германия и др.) до стран, относящихся к преимущественно аграрным (Индонезия, Пакистан, Вьетнам и др.). К ведущим государственным научным организациям в данной сфере (БД Web of Science) относятся Тегеранский университет (Иран), Университет Тебриза (Иран), Университет Тон Дук Тханг (Вьетнам), Китайский сельскохозяйственный университет (Китай), Китайская академия наук (Китай), Министерство сельского хозяйства США и др. По исследованию применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве лидируют США и Китай. РФ имеет существенное отставание в области исследований по применению систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

6. Выполнен анализ публикаций в БД Web of Science по вопросам применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

В финальной выборке публикаций выявлено, что они направлены на «управление водными ресурсами» (18,1%), «прогнозирование урожайности» (17,5%), «анализ почв» (15,3%), «анализ финансово-экономических показателей» (13,3%), «прогнозирование поведения сельскохозяйственных животных» (9,0%), «выявление болезней растений» (8,2%), «уборку сельскохозяйственных культур» (5,6%), «борьбу с насекомыми-вредителями» (5,5%), «борьбу с сорняками» (4,3%), «функционирование сельскохозяйственной техники» (3,2%).

7. На основе анализа публикаций выполнена классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. В качестве основы для классификации использован ГОСТР 59277-2020 «Классификация систем искусственного интеллекта». К основным вариантам классификации относим: «по областям применения», «по методам обработки информации», «по функциям контура управления», «по видам систем» «по сферам применения», «по уровню готовности к использованию», «по степени автономности», «по комплексности». Классификация систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве позволяет определять приоритетные направления развития, выделять наиболее значимые и перспективные области их применения, систематизировать ожидания, определять границы применимости этих систем.

8. Анкетирование руководителей и специалистов организаций сельского хозяйства Свердловской области показало низкую их информированность о системах искусственного интеллекта, слабую осведомленность о возможностях данных систем. Наибольшие ожидания субъектов хозяйствования от применения этих систем сфокусированы в области прогнозирования продуктивности животных (26,0%), идентификации и классификации поведения животных (18,5%). Существенная доля респондентов (65,5%) ожидают от применения систем искусственного интеллекта повышения рентабельности производства, из них 23,6% оценивают возможный рост рентабельности на 20% и более. В качестве основных препятствий респонденты

указали отсутствие свободных денежных средств на приобретение данных систем (26,2%) и высокую стоимость внедрения систем (19,8%).

9. Разработана методология оценки деятельности по внедрению и использованию систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, включающая методику определения приоритетных направлений внедрения данных систем, т.е. подотраслей сельского хозяйства с наибольшим значением доли рабочих мест с доступом к сети Интернет, наибольшей долей данных, получаемых автоматическим способом, наибольшим ожидаемым потенциальным экономическим эффектом от применения систем; методику определения готовности организаций сельского хозяйства к внедрению систем искусственного интеллекта, построенную на экспертных оценках факторов, влияющих на внедрение этих систем; методику оценки деятельности по внедрению систем искусственного интеллекта в организациях сельского хозяйства, включающую показатели ресурсоемкости внедрения систем, масштаб внедрения данных систем в организациях сельского хозяйства и др.; методику оценки экономической эффективности применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Определены виды эффектов и затраты, связанные с применением систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Разработана система показателей экономической эффективности использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.

10. В ходе исследования установлено, что в Свердловской области в молочном животноводстве применяется 6 роботизированных доильных комплексов с системами искусственного интеллекта. Их использование позволяет повысить скорость и надежность присоединения доильных стаканов к соскам без участия человека. Это обеспечивает увеличение средней интенсивности молоковыведения за доение на 4,5%, при этом продуктивность увеличивается с 8611 до 9644 кг, или на 12,0%. Себестоимость производства молока на доильном роботе с позиционированием манипулятора системами искусственного интеллекта (компьютерным (машинным) зрением) выше на

0,3% и составляет 2305 рублей за центнер. При этом выручка от реализации возрастает на 15,2%, а прибыль от реализации продукции на 18,2 % в сравнении с доильными роботами предыдущего поколения без систем искусственного интеллекта. Экономический эффект от применения доильного робота с позиционированием манипулятора компьютерным (машинным) зрением составляет более 22 млн рублей, а рентабельность производства молока увеличивается до 61,91 % или на 2,51 п.п.

11. В ходе исследования установлено, что в организациях сельского хозяйства применяются зерноуборочные комбайны с автоматизированным управлением (компьютерным зрением). Применение этой техники в Свердловской области позволяет сократить расходование топлива в структуре себестоимости с 13,0 до 10,5% и затрат на ремонт с 10,0 до 8,1%, за счет оптимизации режимов работы двигателя в зависимости от нагрузки. Намолот зерна за день на комбайне с автоматизированным управлением увеличивается на 9,9%. При длительности уборочной компании 24 дня и урожайности зерновых 27,4 ц/га, себестоимость зерна при уборке зерноуборочным комбайном с автоматизированным управлением на основе компьютерного (машинного) зрения составила 8,7 рублей на кг, что на 7,5% меньше, чем при уборке комбайном без систем искусственного интеллекта. Прибыль от реализации зерна при уборке комбайном с автоматизированным управлением увеличилась до 5,3 млн рублей, а рентабельность производства зерновых выше на 10 процентных пунктов по сравнению с комбайном без этих систем.

12. Разработан организационно-экономический механизм внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве как совокупность методов, процедур и инструментов, которые применяются органами исполнительной власти в деятельности по внедрения этих систем в отрасли, включающий блоки: организационно-управленческий, финансово-экономический, технико-технологический, правовой, социальный, мотивационный, а также инструментарий прямого и косвенного воздействия, содержащий законодательные и регуляторные методы, методы планирования и

прогнозирования, развития инфраструктуры, программно-целевого управления, бюджетного регулирования и субсидирования. Его использование позволит организациям сельского хозяйства и органам управления отраслью использовать возможности систем искусственного интеллекта для повышения экономической эффективности, снижения затрат, улучшения качества продукции, что, в конечном итоге, позволит повысить конкурентоспособность отрасли.

13. Разработаны сценарии внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве в зависимости от уровней активности организаций сельского хозяйства по внедрению этих систем и технологической позиции органов власти. Наиболее предпочтительный сценарий предполагает кратное увеличение финансирования разработок систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства, создание нескольких инженерных школ по разработке систем искусственного интеллекта и роботов для сельского хозяйства. Это позволит обеспечить технологическое лидерство по разработке и внедрению данных систем в отрасли. Согласно данному сценарию значительная доля данных (25% и более) будет собираться в автоматическом режиме на платформе госоператора больших данных, что позволит добиться поточной разработки роботов с искусственным интеллектом и их применения в большинстве подотраслей сельского хозяйства. В конечном итоге, это позволит повысить конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства.

14. Разработаны два основных сценария внедрения и использования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Свердловской области, содержащих результаты, к которым приведет реализация на практике организационно-экономического механизма их внедрения. Согласно инерционному сценарию к 2030 году применение систем искусственного интеллекта будет осуществляться в основном в молочном животноводстве и уборке зерновых. При этом темпы внедрения этих систем в молочном животноводстве составят 2,2 %. Это позволит обеспечить рост продуктивности

коров от применения систем искусственного интеллекта 5,0%, увеличение производительности труда составит 12,0%. Доля комбайнов с автоматизированным управлением при текущих темпах внедрения этой техники составит 1,0%. Прирост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта при уборке зерновых составит 1,8%. При реализации инновационного сценария к 2030 году количество процессов в сельском хозяйстве, автоматизированных посредством систем искусственного интеллекта, может увеличиться до 5 единиц. При этом рост продуктивности животных от применения систем искусственного интеллекта составит 12,5%, а рост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта в молочном скотоводстве – 18,5%. Доля комбайнов с автоматизированным управлением может возрасти до 5,0% к 2030 г. Прирост производительности труда с применением систем искусственного интеллекта при уборке зерновых составит 5,4%.

### **III СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Монографии**

1. **Скворцов, Е.А.** Территориальные закономерности роботизации сельского хозяйства / Е.А. Скворцов. – Тюмень: гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 2023. – 188 с.
2. **Скворцов, Е.А.** Теоретические аспекты применения технологий точного земледелия в сельскохозяйственном производстве / Е.А. Скворцов, А.С. Гусев. – Екатеринбург: Типография для вас, 2021. – 132 с. – 8,2/4,1 п.л.
3. **Скворцов, Е.А.** Организационно-экономические аспекты применения робототехники в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов, А.Н. Семин, В.И. Набоков, Е.Г. Скворцова // Москва: Изд-во Фонда «Кадровый резерв», 2018. – 328 с. – 20,5/5,1 п.л.
4. **Скворцов, Е.А.** Применение робототехники в сельском хозяйстве региона / Е.А. Скворцов // Продовольственный рынок регионов России: новый вектор развития / под общ. ред. Ю.Г. Лавриковой, В.П. Негановой. – Екатеринбург: УрО РАН, 2018. – 775 с. – (с. 313-328) – 0,9 п.л.

#### **Статьи в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus**

5. **Скворцов, Е.А.** Влияние фактора удаленности ферм на применение робототехники в сельском хозяйстве регионов / Е.А. Скворцов // Экономика региона. – 2023. – Т. 19. – № 1. – С. 150–162. – 1,3 п.л.
6. **Skvortsov, E.A.** The study of the advantages and limitations, risks and possibilities of applying precision farming technologies / A.S. Gusev,

E.A. Skvortsov, V.M. Sharapova // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. – 2022. – 949 (1). – 012019. – 0,8/0,27 п.л.

7. **Skvortsov, E.A.** The study of the impact of introduction of precision farming technologies on the main production and economic indicators at agriculture organizations / A.S. Gusev, E.A. Skvortsov, S.A. Volkova // AIP Conference Proceedings. – 2022. – 2661. – 020012. – 0,8/0,27 п.л.

8. **Skvortsov, E.A.** Modeling of Territorial and Managerial Aspects of Robotization of Agriculture in Russia / Y.B. Melnikov, E.A. Skvortsov, N.V. Ziablitskaia, A.V. Kurdyumov // Mathematics – 2022. – 10. – 2540. – 1,1/0,27 п.л.

9. **Skvortsov, E.A.** Feasibility of application of robotics in agriculture depending on types of organizations by size and level of production concentration / V.I. Nabokov, E.A. Skvortsov, Y.V. Malkova // AIP Conference Proceedings. – 2022. – 2661. – 020017. – 0,8/0,27 п.л.

10. **Skvortsov, E.A.** Changes in work heaviness and intensity at farms with robotics / A.N. Semin, E.A. Skvortsov, E.G. Skvortsova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – 949 (1). – 012010 – 0,8/0,27 п.л.

11. **Skvortsov, E.A.** Changes in work heaviness and intensity at farms with robotics / A.N. Semin, E.A. Skvortsov, E.G. Skvortsova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Yekaterinburg, 2022. – P. 012010. — 0,9/0,3 п.л.

12. **Skvortsov, E.A.** The effect of robotic milking systems on economic performance of dairy farms with a simulation model / A.N. Semin, A. Örs, C. Oğuz, E.A. Skvortsov // A Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment. – 2022. – № 2. – P. 97–108. – 0,8/0,2 п.л.

13. **Skvortsov, E.A.** Labor Demand Forecast in the Context of Robotics Implementation in Russian Agriculture / A.N. Semin, E.A. Skvortsov, E.G. Skvortsova // International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. – 2021. – 12(13). – 12A13I. – P. 1–8. – 0,8/0,27 п.л.

14. **Skvortsov, E.A.** Identification of the features of the regions that are most preferable for the use of precision farming technologies in agricultural production / A.S. Gusev, E.A. Skvortsov, N.V. Vashukevich // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science (EES). – 2020. – 222(6). – 50230,8. – 0,8/0,27 п.л.

15. **Skvortsov, E.A.** The Analysis of Factors and Motivative Aspects Promoting and Hindering the Implementation of Precision Farming Technologies / A.S. Gusev, O.I. Betin, E.A. Skvortsov, N.V. Ziablitskaia, N.V. Vashukevich, Y.V. Malkova // WSEAS Transactions on Environment and Development. – 2020. – № 16. – P. 820–830. – 0,88/0,14 п.л.

16. **Skvortsov, E.A.** Challenges of enterprise resource planning (ERP) implementation in agriculture / I.M. Kulikov, A.N. Semin, E.A. Skvortsov, N.V. Ziablitskaia, E.G. Skvortsova // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2020. – 7(3). – P. 1847–1857. – URL: [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3\(27\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.3(27)) – 1,1/0,22 п.л.

17. **Skvortsov, E.A.** The density of robotization of agriculture in Russia and its regions / V.I. Nabokov, E.A. Skvortsov, A.N. Semin, N.K. Pryadilina, A.S. Gusev, K.V. Nekrasov // WSEAS Transactions on Systems and Control. – 2020. – № 15. – P. 549–555 – 0,7/0,1 п.л.

18. **Skvortsov, E.A.** The development of labour relations in the digital transformation of agriculture / E.A. Skvortsov // Lecture Notes in Information Systems and Organisation. 1st. «Digital Transformation and New Challenges – Digitalization of Society, Economics, Management and Education». – 2020. – P. 83-90. – 0,4 п.л.

19. **Скворцов, Е.А.** Перспективы применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве региона / Е.А. Скворцов // Экономика региона. – 2020. – Т. 16. – № 2. – С. 563–576. – 1,8 п.л.

20. **Skvortsov, E.A.** Problems of transformation of social and labour relations in conditions of agriculture robotization / E.A. Skvortsov, A.N. Semin, E.G. Skvortsova // 2nd International Scientific Conference on New Industrialization: Global, National, Regional Dimension (SICNI 2018). – 2018. – P. 100–103. – 0,4/0,14 п.л.

21. **Скворцов, Е.А.** Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова, И.С. Санду, Г.А. Иовлев. – DOI 10.17059/2018-3-23 // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – № 3. – С. 1014–1028. – 1,4/0,36 п.л.

22. **Скворцов, Е.А.** Применение доильной робототехники в регионе / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова, В.И. Набоков, П.С. Кривоногов // Экономика региона. – 2017. – № 1. – С. 249–260. – 1,4/0,36 п.л.

#### **Статьи в изданиях, рекомендованных экспертным советом ВАК РФ**

23. **Скворцов, Е.А.** Совершенствование процесса принятия управленческих решений в сельском хозяйстве с применением систем искусственного интеллекта / Е.Н. Ялунина, Н.К. Прядилина, Е.А. Скворцов // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24. – № 03. – С. 440-449. – 2,4/0,8 п.л.

24. **Скворцов, Е.А.** Применение систем искусственного интеллекта в прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур / Е.А. Скворцов, Е.Н. Ялунина, А.С. Гусев // экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2023. – №9. – 69-74. – 1,8/0,6 п.л.

25. **Скворцов, Е.А.** 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. – 49-54. – 1,73/0,6 п.л.

26. **Скворцов, Е.А.** Области применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов, Е.Н. Ялунина, Е.Г. Скворцова // Russian journal of management. – 2023. – Том 11. – №2. – С. 122-134 – 1,5/ 0,5 п.л.

27. **Скворцов, Е.А.** Анализ финансово-экономических показателей развития сельского хозяйства с применением систем искусственного интеллекта / Е.А. Скворцов, Е.Н. Ялунина, А.С. Гусев // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 11. С. 80-86. – 2,1/0,7 п.л.

28. **Скворцов, Е.А.** Сущность искусственного интеллекта и машинного обучения при решении управленческих проблем сельскохозяйственного производства / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов, А.С. Гусев // Russian Journal of Management. – 2023. – Т. 11. – № 3. – С. 140-149. – 1.2/0,4 п.л.



29. **Скворцов, Е.А.** Влияние технологий искусственного интеллекта и робототехники на социально-трудовые отношения / Е.Г. Скворцова, Е.А. Скворцов, Ю.В. Малькова // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 10. – С. 34-38. – 1,1 / 0,36 п.л.

30. **Скворцов, Е.А.** Использование технологий искусственного интеллекта и робототехники в сельском хозяйстве и оценка их влияния на безработицу на сельских территориях / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 9. – С. 40-45. – 0,8 / 0,29 п.л.

31. **Скворцов, Е.А.** Активизация деятельности по роботизации сельскохозяйственного производства на основе использования коридоров развития / В.И. Набоков, К.В. Некрасов, Е.А. Скворцов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6. – С. 210–214 0,3 / 0,1 п.л.

32. **Скворцов, Е.А.** Роботизация отечественного сельскохозяйственного производства / В.И. Набоков, К.В. Некрасов, Е.А. Скворцов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6. С. 210-214. – 0,3 / 0,1 п.л.

33. **Скворцов, Е.А.** Показатели экономического развития регионов и роботизация сельского хозяйства / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов, Н.К. Прядилина // Russian Journal of Management. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 161–165. – 0,3 / 0,1 п.л.

34. **Скворцов, Е.А.** Исследование производственного травматизма на роботизированном производстве в сельском хозяйстве / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2022. – № 8 (90). – С. 4-12. – 1,1/0,36

35. **Скворцов, Е. А.** Исследование изменения характера и содержания труда работников сельского хозяйства в условиях применения цифровых технологий / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 12. – С. 48-54. – 1,0 / 0,35 п.л.

36. **Скворцов, Е.А.** Повышение конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства в условиях внедрения технологий точного земледелия / А.С. Гусев, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – Т. 1. – № 12 (81). – С. 109-114. – 0,3 / 0,1 п.л.

37. **Скворцов, Е.А.** Исследование удовлетворенности трудом в условиях цифровой трансформации (роботизации) сельского хозяйства / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2021.– №10. – С. 33-39 – 1,1 / 0,37 п.л.

38. **Скворцов, Е.А.** Роботизация сельскохозяйственного производства и заработная плата в отрасли / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов, В.С. Кухарь // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 9. – С. 47-52. – 1,0 / 0,33 п.л.

39. **Скворцов, Е.А.** Трудоспособное население, уровень безработицы и роботизация сельского хозяйства в регионах / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов //

Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 8. – С. 47-53. – 1,0 / 0,5 п.л.

40. **Скворцов, Е.А.** Влияние роботизации сельского хозяйства на гендерный, возрастной состав работников и уровень их образования / А.Н. Семин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – №10. – С. 47–53 – 1,0 / 0,33 п.л.

41. **Скворцов, Е.А.** Применение цифровых платформ в интегрированных формированиях агрохолдингового типа в условиях распространения коронавирусной инфекции (COVID-19) / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов, Ю. В. Малькова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 7. – С. 9-14.

42. **Скворцов, Е.А.** Территориальные особенности применения технологий точного земледелия / Е.А. Скворцов, А.С. Гусев // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 9. – С. 59–66. – 1,0 / 0,5 п.л. – 1,25 / 0,6 п.л.

43. **Скворцов, Е.А.** Применение технологий точного земледелия в Свердловской области / А.С. Гусев, Е.А. Скворцов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – 4(63). – С. 252-257 – 1,0 / 0,5 п.л.

44. **Скворцов, Е.А.** Особенности развития социально-трудовых отношений в процессе перехода к системе сельскохозяйственного производства с использованием цифровых технологий / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова / Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (62). – С. 85-92. – 0,56/ 0,18 п.л.

45. **Скворцов, Е.А.** К вопросу региональных тенденций роботизации сельского хозяйства / Е.А. Скворцов, В.И. Набоков // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – №8. – С. 30-38. – 1,35 / 0,68 п.л.

46. **Скворцов, Е.А.** Влияние обеспеченности инфраструктурой и уровня субсидий на роботизацию сельского хозяйства / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 12. – С. 42-49. – 1,25 / 0,62 п.л.

47. **Скворцов, Е.А.** Показатели экономического развития регионов и роботизация сельского хозяйства / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов, Н.К. Прядилина // Russian Journal of Management. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 161-165. – 1,1 / 0,37 п.л.

48. **Скворцов, Е.А.** Изучение международной практики внедрения технологий точного земледелия на основе национальных программ развития аграрной сферы зарубежных стран / А.С. Гусев, Е.А. Скворцов, Е.Д. Морозова // Russian journal of management. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С.121-125. – 1,0 / 0,3 п.л.

49. **Скворцов, Е.А.** Использование 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. – 0,5 / 0,1 п.л.

50. **Скворцов, Е.А.** Перспективы развития сельского хозяйства в контексте использования технологии «блокчейн» / Г.А. Безносков, Е.А. Скворцов, М.В. Холманских // Московский экономический журнал. – 2019 –

№8. – С. 41-45. – 0,3 / 0,1 п.л.

51. **Скворцов, Е. А.** Перспективы исследований в условиях реализации национальной стратегии развития искусственного интеллекта: отраслевой аспект / Е.А. Скворцов, М.И. Кротов, Е.Г. Скворцова, Г.А. Безносков // Московский экономический журнал. – 2019. – № 9. – С. 25-32. – 0,4 / 0,1 п.л.

52. **Скворцов, Е. А.** Использование технологии блокчейн в сельском хозяйстве: обзор зарубежных публикаций / Е.А. Скворцов, Г.А. Безносков, Е.Г. Скворцова, М. В. Холманских // Бизнес. Образование. Право. Вестник волгоградского института бизнеса, 2019, – № 3 (48). – С.171-175 – 0,4 / 0,1 п.л.

53. **Скворцов, Е.А.** Территориальные аспекты роботизации сельского хозяйства / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // АПК: Экономика, управление. – 2019. – № 3. – С. 35-46. – 1,4 / 0,45 п.л.

54. **Скворцов, Е.А.** Трансформация трудовой деятельности в условиях использования робототехники в сельском хозяйстве / А.Н. Сёмин, Е.А. Скворцов // АПК: Экономика, управление. – 2018. – № 11. – С. 76-84. – 0,5 / 0,25 п.л.

#### **Прочие публикации по теме диссертационного исследования**

55. **Скворцов, Е.А.** Целесообразность использования робототехники в сельском хозяйстве / В.И. Набоков, К.В. Некрасов, Е.А. Скворцов // Московский экономический журнал. – 2018. – № 4. – С. 30- 35. – 0,3 / 0,1 п.л.

56. **Скворцов, Е.А.** Классификация и особенности робототехники в сельском хозяйстве / Н. Рамеш Бабу, В.И. Набоков, Е.А. Скворцов // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 2. – С. 82–89. – 0,9/0,3 п.л.

57. **Скворцов, Е.А.** Кадровый аспект внедрения робототехники в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 2. – С. 99-106. – 0,6 п.л.

58. **Скворцов, Е.А.** Необходимость инновационного развития сельского хозяйства на основе применения робототехники / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова, А.А. Орешкин // Вестник ВНИИМЖ. – 2016.– № 1. – С. 85-90. – 0,6/0,3 п.л.

59. **Скворцов, Е.А.** Тенденции развития сельскохозяйственной робототехники за рубежом / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 1. – С. 37-44. – 0,8/0,4 п.л.

60. **Скворцов, Е.А.** Трудосберегающие инновации на основе робототехники в сельском хозяйстве / Е.А. Скворцов //Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 12. – С. 77-82. – 0,5 п.л.

61. **Скворцов, Е.А.** Эффективность трудосберегающих инноваций в сельском хозяйстве на примере робота-подравнвателя кормов / Е.А. Скворцов, Г.А. Иовлев, Е.Г. Скворцова, А.А. Орешкин // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 9. – С. 82-89. – 0,8/0,2 п.л.

62. **Скворцов, Е.А.** Сельскохозяйственные роботы в системе производственных процессов / Е.А. Скворцов // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 3. – С. 89-94. – 0,5 п.л.

63. **Скворцов, Е.А.** Доля работников животноводства, взаимодействующих с технологиями искусственного интеллекта и

киберфизическими системами / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Проблемы взаимодействия публичного и частного права при регулировании цифровизации экономических отношений: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2022. – С. 123-126. – 0,2/0,1 п.л.

64. **Скворцов, Е.А.** Исследования применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве в РФ и за рубежом / Е.Г. Скворцова, Е.А. Скворцов // Вестник биотехнологии. – 2022. – № 3 (33) – С. 7.– 0,2/0,1 п.л.

65. **Скворцов, Е.А.** Влияние роботизации на уровень безработицы / Е.А. Скворцов // Аграрное образование и наука. – 2018. – № 4. – С. 27. – 0,2/0,1 п.л.

66. **Скворцов, Е.А.** Воспроизводство кадрового потенциала отрасли, способного осваивать инновации на основе робототехники / А.Н. Сёмин, Г.А. Иовлев, Е.А. Скворцов // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 3 (63). – С. 45-48. – 0,3/0,1 п.л.

67. **Скворцов, Е.А.** Принципы и факторы применения робототехники в организациях сельского хозяйства / А.Н. Сёмин, В.И. Набоков, Е.А. Скворцов // Теория и практика мировой науки. – 2017.– № 9. – С. 75-79. – 0,3/0,1 п.л.

68. **Скворцов, Е.А.** Анализ применения доильной робототехники в хозяйствах Свердловской области / Е.А. Скворцов // Организационно-правовое обеспечение механизма хозяйствования в сфере АПК. – 2017. № 2. – С. 205. – 0,3 п.л.

69. **Скворцов, Е.А.** Влияние применения доильной робототехники на качество молока / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова, А.А. Орешкин, В.Н. Потехин // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 9 (60). – С. 44–7. – 0,4/0,1 п.л.

70. **Скворцов, Е.А.** Доильная робототехника и ее влияние на качество молока / Е.А. Скворцов, Е.Г. Скворцова // Аграрное образование и наука. – 2016. – № 4. – С. 31. – 0,7/0,35 п.л.

71. **Скворцов, Е.А.** Опыт применения доильной робототехники в Свердловской области / Е.А. Скворцов // Аграрное образование и наука. – 2016. – № 2. – С. 60. – 0,3 п.л.

72. **Скворцов, Е.А.** Кадровые аспекты применения робототехники в сельском хозяйстве / В.И. Набоков, Е.А. Скворцов, М.К. Саакян, Е.Г. Скворцова // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – № 4 (31). – С. 149–53. – 0,4/0,1 п.л.

73. **Скворцов, Е.А.** Перспективы инновационного развития на основе применения сельскохозяйственных роботов / Е.А. Скворцов // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – № 3 (30). – С. 113-117. – 0,4 п.л.

74. **Скворцов, Е.А.** Воспроизводство технического потенциала Свердловской области / Е.А. Скворцов // Актуальные проблемы развития биотехнологий: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – 2013. – С. 214-219. – 0,4 п.л.