

УДК 332.1 DOI: 10.14451/1.243.139

Перспективы развития сельского хозяйства в условиях технических и технологических инноваций

© 2025 Головина Светлана Георгиевна

Доктор экономических наук, профессор. Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: kkrav84@mail.ru

© 2025 Кузнецова Альфия Рашитовна

Доктор экономических наук, профессор. Уфимский университет науки и технологий.

E-mail: alfia_2009@mail.ru

© 2025 Мухаметшина Регина Ирековна

Соискатель, Институт социально-экономических исследований. Уфимский федеральный исследовательский центр Российской Академии наук.

E-mail: Reginatsarina@mail.ru

Ключевые слова: сельское хозяйство, технологический прогресс, технические инновации, эффективность, социальные и экологические эффекты, аграрные хозяйства.

Многие современные явления, связанные со стремительным техническим прогрессом, имеют всевозможные следствия, причем как положительные, так и отрицательные. Внедрение технических и технологических инноваций в аграрной отрасли экономики также оборачивается для нее и новыми возможностями, и новыми проблемами. Цель исследования, результаты которого представлены в данной статье, сводится к рассмотрению и представлению для обсуждения научным сообществом таких вопросов, как (1) содержание технических и технологических преобразований, наблюдаемых в сельском хозяйстве в последние годы, (2) непосредственные выгоды от роботизации, цифровизации, внедрения искусственного интеллекта для аграрных производителей и сельских сообществ в целом (включая положительные экстерналии социального и экологического плана), (3) потенциальные и уже существующие проблемы, обусловленные замещением человеческого потенциала высокотехнологичными ресурсами (проблемы подготовки кадров, дисбаланса на рынке труда, дифференциации доходов и др.). К методам, использование которых позволило тестировать некоторые сформулированные в работе гипотезы, следует отнести, во-первых, литературный экскурс, обзорно-аналитические практики исследования, компаративный анализ, метод экспертных оценок. Основной научный вывод, обобщающий полученные результаты, заключается в том, что успешное развитие сельского хозяйства в современных условиях среды возможно лишь в том случае, если сельскохозяйственными производителями (в процессе своей деятельности) и государством (в ходе организации своей политики) будут учтены как положительные результаты следования современным инновационным трендам, так и сопровождающие такую эволюцию сложности и проблемы.

Введение

Функционирование аграрной отрасли экономики рассматривается в последние годы не только сквозь призму экономической эффективности, но и с позиции других критериев, определяющих ее ценность для сельхозтоваропроизводителей, сельского населения, общества в целом [14; 24]. Безусловно, достигаемая в сельском хозяйстве производительность использования всех вовлекаемых в производство ресурсов имеет ключевое значение для обеспечения продовольственной безопасности страны, устойчивого развития сельских территорий, конкурентоспособности аграрных хозяйств. Несмотря на то, что эксплуатация основных аграрных ресурсов (земли, растений, животных) имеет природные ограничения и потому рост производительности в сельском хозяйстве не может происходить темпами, сопоставимыми с теми, которые наблюдаются во многих других отраслях экономики, предлагаемые наукой всевозможные инновации (организационные, технические, технологические) способны существенно изменить динамику производства, обеспечив при этом достойные доходы его участникам, продвинув на селе решение важнейших социальных и экологических задач.

Среди всех новшеств, внедряемых в границах сельских территорий, первоочередное значение имеют, как и во многих других отраслях, современные высокотехнологичные инновации. В то время как описание опыта их инкорпорации в хозяйственную аграрную практику все чаще встречается в открытых источниках информации, а глубокий анализ различных аспектов влияния технологического прогресса на успешное функционирование растениеводческих, животноводческих и других хозяйств всесторонне освещается в научных публикациях [10; 17; 21], можно выделить ряд вопросов, получение ответов на которые требует дополнительных изысканий, причем как теоретических, так и практико-ориентированных. Именно некоторые из таких вопросов находятся в фокусе исследования, результаты которого представлены в данной статье, определив его цель и основные (исследова-

тельные) вопросы. Таким образом, цель работы заключается в уточнении роли, которую играют технические и технологические инновации в развитии сельского хозяйства в сложившемся контексте среды, а решаемые в рамках исследования задачи можно специфицировать следующим образом: 1) выявить основное содержание технических и технологических трансформаций, имеющих место в сельском хозяйстве, и предложить их актуальную (релевантную времени и полезную для дальнейших исследований) классификацию; 2) научно обосновать необходимость таких инноваций для преодоления возникающих в отрасли проблем, выделить обусловленные их применением положительные результаты; 3) подчеркнуть проблемы, возникающие в ходе технологического развития отрасли, обозначить возможные пути их решения.

Методы и подходы

Благодаря актуальности сформулированной для исследования темы, в современной научной литературе имеется множество публикаций отечественных и зарубежных авторов, используемых в работе в качестве теоретической основы. Классификация востребованных для сельского хозяйства технических и технологических новшеств осуществлена на основе их тщательного изучения, а также применения разработанных в теоретическом эпизоде исследования критериев и признаков. Позитивные и негативные следствия инновационного развития отрасли выделены после оценки имеющегося опыта, некоторые примеры которого приведены в статье. Важным методом в работе является метод экспертных оценок, так как именно они имеют высокую значимость в том случае, когда какое-либо явление (технологии, к примеру) проходит лишь стадию апробации. Учитывая, что для реализации прогрессивных идей в хозяйственной деятельности необходима благоприятная внешняя (в том числе институциональная) среда, внедрение прорывных технологий в такую традиционную отрасль экономики, как сельское хозяйство, во многом зависит от государственной политики, законодательства, других формальных институтов, многие из которых изучены в ходе исследования. Кроме того, необходимая

статистическая информация подобрана и проанализирована для того, чтобы получить научно обоснованные выводы и тестировать некоторые выдвинутые предположения.

Результаты

Ситуация последних лет, связанная первоначально с пандемией коронавируса и ее последствиями, а затем с обострением геополитической обстановки, включая беспрецедентные внешнеэкономические санкции, подтвердила первостепенность задачи обеспечения продовольственной безопасности и определила содержание современной аграрной политики. Важность снабжения населения самыми необходимыми продуктами питания, сохранения сельских территорий как места проживания существенной части населения, получения адекватных доходов от экспорта сельскохозяйственной продукции, актуализировала такие направления деятельности государства в области поддержки сельского хозяйства, как (1) достижение критериев продовольственной безопасности по основным видам сельскохозяйственной продукции, (2) поддержка многофункциональности сельской экономики для решения экономических, социальных и экологических проблем села, (3) стимулирование сельскохозяйственных производителей к организации деятельности на инновационной основе, что приводит к росту эффективности производства и расширению возможностей экспорта продукции (особенно в «дружественные» страны).

Прежде всего, в последние годы следует констатировать очевидные успехи развития сельского хозяйства, что происходит несмотря на жесткие ограничения геополитического и, как следствие, экономического характера [4]. Согласно аналитической отчетности Минсельхоза России, в 2024 г. российское сельское хозяйство продемонстрировало устойчивость и способность адаптироваться к меняющимся условиям [1]. Прежде всего, собрано около 130 млн тонн зерна, что ниже рекордного показателя 2023 г. (148 млн т), но превышает внутренние потребности страны, составляющие примерно 90 млн т [8]. Рекордных объемов достигло про-

изводство масличных культур. Около 1,6 млн т составило производство овощей в закрытом грунте, в то время как сбор овощей открытого грунта, а также картофеля снизился из-за неблагоприятных погодных условий. Благодаря применению современных технологий, Россия заняла четвертое место в мире по производству мяса (наибольший прирост отмечается в свиноводстве), положительная динамика наблюдается и в производстве молока. В 2024 г. российские аграрии поставили на международный рынок 70 млн т. продовольствия, что на 8% больше, чем годом ранее. В то же время, еще в 2023 г. Российская Федерация почти вдвое увеличила поставки сельхозпродукции в Китай (относительно предыдущего года), а с 2014 г. российский агроэкспорт в КНР вырос в 11 раз.

И все же, в современных институциональных документах, принимаемых на государственном (федеральном) уровне, обозначаются такие амбиционные цели, как рост объемов производства продукции агропромышленного комплекса не менее чем на четверть (к 2030 г. по сравнению с 2021 г.), а также увеличение экспорта за этот период в полтора раза (из заявления Президента РФ В. В. Путина в послании Федеральному собранию, 29 февраля 2024 г.). Для их достижения будут задействованы различные меры, начиная с введения в оборот неиспользуемых земель (к 2030 году – порядка 13 млн га) и повышения плодородия почв, и заканчивая кардинальной технологической модернизацией в условиях реализации стратегии обеспечения технологического суверенитета отрасли, с одной стороны, и стремительного технического прогресса в целом – с другой.

Важно заметить, что в обстоятельствах, когда в агропромышленном комплексе России отмечается существенная нехватка рабочей силы (в том числе квалифицированных кадров), а потенциал к росту производительности труда без кардинальных технологических инноваций оценивается как незначительный, без снабжения сельхозтоваропроизводителей техникой современное производство невозможно [2]. Согласно данным профессора Д. Хомякова, сегодня в России на

10 тыс. га пашни в среднем приходится 27 тракторов и 22 комбайна, в то время как в Канаде — 160 тракторов и 70 комбайнов, в Германии — 650 и 115 соответственно [13]. По мнению ученого, некоторые сегодняшние реалии, включая повышение утилизационного сбора и дорогие кредиты, усугубляют обозначенную проблему, хотя рост цен на агротехнику наблюдается во многих странах мира.

В сегодняшней макроэкономической и геополитической среде условием выхода сельского хозяйства на более высокую производительность труда становятся именно технические и технологические инновации, классификация которых представляется наукой по-разному [5; 6], но в результате проведенного теоретико-практического обзора может выглядеть следующим образом:

1. Направление применения.

- Агрономические инновации (новые методы выращивания культур, внесения удобрений, улучшения почвы; обновленные севообороты).
- Зоотехнические инновации (автоматизация кормления, генетические улучшения пород).
- Инженерно-технические инновации (новые виды сельхозтехники, дронов, роботов, автоматизированных систем полива и сбора урожая).
- Биотехнологические инновации (генномодифицированные организмы (ГМО), биопрепараты для защиты растений, органическое сельское хозяйство).
- Цифровые технологии и ИИ (применение больших данных, искусственного интеллекта, блокчейна, сенсорных систем мониторинга).

2. По уровню технологического развития.

- Радикальные инновации (принципиально новые технологии).
- Улучшенные технологии (модернизация существующих решений).
- Комбинированные инновации (совмещение уже существующих технологий с принципиально новыми).

3. По влиянию на окружающую среду.

- Экологически чистые технологии (органическое земледелие, агролесоводство).
- Традиционные технологии (классические методы ведения хозяйства).
- Интенсивные технологии (часто связаны с использованием химических удобрений и пестицидов).

Безусловно, инновационное развитие отрасли происходит одновременно с использованием традиционных методов земледелия и животноводства, применением апробированных годами технических и технологических решений [26]. В качестве материальной основы реализации отмеченных выше направлений инноваций следует выделить парк современной сельскохозяйственной техники, робототехнику, спутники, дроны, специальные мобильные устройства, компьютеры и предназначенное для сопровождения сельскохозяйственной деятельности программное обеспечение. Учитывая значимость искусственного интеллекта в развитии любой отрасли экономики, необходимо констатировать, что, вопреки ужесточающимся санкциям, в Российской Федерации появились и успешно развиваются разработки в области точного, цифрового земледелия, которые уже опережают по эффективности многие аналоги в мире. Наиболее известна автоматизированная уборка урожая при помощи искусственного интеллекта, которая, благодаря отечественной системе автоуправления комбайном Cognitive Agro Pilot, используется при уборке зерна с 2020 года.

Искусственный интеллект и цифровизация становятся не только драйверами развития отрасли, но и инструментами оказания ей разнообразной государственной поддержки [19]. Подтверждением этого являются и многочисленные примеры использования цифровых технологий в аграрном производстве, и направления совершенствования сложившейся институциональной среды. Так, в ноябре 2023 г. Правительство Российской Федерации приняло новый документ «Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного ком-

плексов Российской Федерации на период до 2030 года» (Распоряжение Правительства РФ от 23.11.2023 № 3309-р), предусматривающий активное внедрение цифровых инструментов в различные аспекты государственной поддержки: информационные, консультационные, финансовые [12]. В частности, разработанный Минсельхозом России онлайн-сервис («Подбор льготного финансирования для экспортеров продукции АПК») помогает увеличить экспорт сельхозпродукции, а многие финансовые и нефинансовые программы господдержки представлены в удобном интерфейсе с подробными инструкциями и контактными данными кураторов. Как отмечают многие ученые и политики, цифровизация становится условием не только динамичного развития сельскохозяйственного производства, но и его устойчивости на фоне угроз климатического, геополитического и биологического характера [3].

В условиях конкурентной борьбы на рынках сельхозпродукции и, как следствие, борьбы за повышение эффективности производства все более распространенными становятся практики в области точного земледелия (с оцифровкой полей, дифференцированным внесением удобрений и другими современными приемами в растениеводстве), которые по результативности не уступают инновациям, применяемым в самых высокотехнологичных отраслях производства [11]. По утверждению специалистов в области земледелия и соответствующих аналитиков, к 2030 году ожидается почти двойное расширение мирового рынка микроэлементов для сельхозпроизводства, так как микронутриенты (микроэлементы, в число которых входят цинк, медь, железо, марганец, бор, молибден, хлор) необходимы для оптимального роста и развития растений, а значит, для повышения качества и количества урожая. В ответ на такую технологическую необходимость возникают современные приемы их внесения и соответствующая техника, частным примером которых является подкормка по листу (популярная технология) и осуществляющий ее робот-агроном (новая техника). По расчетам западных экспертов, если в 2022 году объем сег-

мента рынка, связанного с такой специфической технологией, оценивался в 4,2 млрд долларов, то через восемь лет он достигнет уже 7,8 млрд долларов.

Упомянутые выше роботы-агрономы являются новинками и на отечественных полях. В первую очередь, появившись на российском рынке, роботы-агрономы позволяют избавить фермеров от затрат на лабораторные исследования и обеспечить получение необходимых данных на месте за считанные минуты, снабжая затем растения таким количеством микроэлементов, какое им точно необходимо. Кроме листовых подкормок (на фоне стремления к повышению эффективности сельхозпроизводства, с одной стороны, и деградации почв от традиционных методов земледелия – с другой) роботы внедряются в различные отрасли сельского хозяйства, включая овощеводство, где посредством машинного зрения обученная нейросеть имеет возможность определять степень зрелости овощей, а специально разработанная техника может собирать их при помощи манипуляторов (производительность роботов в таких операциях в 4 раза выше производительности человека: в сутки он собирает около 4,5 т томатов). В тепличном комплексе «Солнечный дар» (Ставропольский край) такая техника уже используется. Не менее эффективны в растениеводстве внедряемые в настоящее время роботы-опрыскиватели (Guss Automation), имеющие систему обнаружения сорняков, по которым и производится опрыскивание. В зависимости от условий работы экономия ресурсов составляет при этом до 90%.

Системный и комплексный подход к внедрению искусственного интеллекта и роботизации в земледелие увенчался тем, что с недавнего времени в России доступен полностью автономный мини-трактор, снабженный комплексом оборудования для агрономического анализа почвы и выполнения всех основных операций практически с любыми навесными орудиями. На полях России и ряда других стран уже работает более 1,5 тысяч единиц техники с системой автопилотирования на основе искусственного

интеллекта (Cognitive Agro Pilot), признанной лучшей в мире и отмеченной во многих рейтингах и конкурсах. Не менее популярными для выполнения различных задач в растениеводстве являются агродроны [23]. Несмотря на то, что на их долю (долю дронов сельскохозяйственного назначения) в стране пока приходится лишь около 5% работ, выполняемых дронами в целом, перспективы их применения в отрасли благоприятные и стабильные. Для них, даже с учетом существующих ограничений, постепенно открываются новые пространственные рамки, расширяется спектр задач, усиливается государственная поддержка на рынке (Министерство сельского хозяйства Российской Федерации включило масштабную закупку беспилотников в свои непосредственные программы и планы). По информации Россельхозцентра, опорными пунктами по применению агродронов станут филиалы ведомства в Калужской и Волгоградской областях, Татарстане, Алтайском крае и республике Алтай. В некоторых регионах (сегодня – на Алтае) организуют центры для обучения пилотов, управляющих аграрными дронами. В этих субъектах Российской Федерации беспилотники уже используются специалистами Россельхозцентра для внесения энтомофагов, в то время как список перспективных направлений их применения дополнен фитосанитарным мониторингом, обработкой полей против борщевика, саранчовых, других вредных объектов, внесением микроэлементов и удобрений, оценкой фаз развития растений, определением геоточек семеноводческих посевов. Кроме того, при помощи дронов можно отслеживать последствия чрезвычайных ситуаций, проводить поиск неиспользуемых участков земель, оценивать их противопожарное состояние и так далее.

В то время как для внедрения инновационных идей и технологий появляются соответствующие организации и структуры (агродронная станция, летная школа для обучения управлению беспилотниками), в системы использования технических и технологических новинок встраиваются уже функционирующие хозяйственные единицы, подобные агролизингу. С 2020 г. по

программам льготного лизинга можно приобретать не только самоходную технику, но и передовые решения для точного земледелия на базе искусственного интеллекта. Согласно данным Росагролизинга, в 2022 г. его клиенты, благодаря техническим приобретениям, показали рост выручки в среднем на 9%, а в 2022–2023 гг. сэкономили 14,5 млрд руб., то есть по 2–3 млн рублей на одного сельскохозяйственного производителя (среди субъектов лидируют: Краснодарский край – 3,6 млрд руб., Саратовская область – 3,7 млрд руб., Татарстан – 2,5 млрд руб.). Важно, что к началу посевной 2023 г. Росагролизинг продал 7,5 тыс. ед. техники (на 22% больше, чем весной 2022 г.), причем 72% поставок были совершены в рамках программ господдержки. Самыми востребованными машинами, безусловно, остаются тракторы «Кировец», «Беларус» и «Ростсельмаш», а среди новинок – продукция компании Cognitive Agro Pilot, созданная для тракторов, комбайнов, косилок, работающая, благодаря машинному зрению, даже без сигнала спутников и RTK-поправок (разработчики заняты на предприятиях в Москве, Томске, Чебоксарах, а производство налажено в Сибири, г. Томск).

Современный инновационный период развития сельского хозяйства отличается тесной интеграцией науки и практики [15]. Примеров открытий, в которых заинтересовано производство, сегодня известно множество. Так, молодым специалистом Костромской сельхозакадемии разработан новый прибор для повышения всхожести семян: для обработки ультразвуком семена погружаются в водную среду, в результате метаболические процессы и рост ускоряются (обработанные семена растут в день на 50 миллиметров быстрее, всхожесть увеличивается на 15–20%, урожайность – на 40%). Уже есть и доказательства успешного коммерческого применения нового прибора. В России (на основании глубоких научных исследований) впервые освоили низкочувствительное клонирование коров, при этом полученный теленок обещает высокую продуктивность, а проект – хороший экономический эффект. Внедрением в производство

занимаются специалисты хозяйства «Рассвет» (входит в холдинг «Прогресс Агро» – российская сельскохозяйственная компания с главным офисом в Усть-Лабинске, Краснодарский край), включая эмбриологов, генетиков, зоотехников, инженеров, специалистов в области клеточных технологий и ветеринарии.

В области семеноводства Национальным центром зерна имени Лукьяненко к 300-летию Санкт-Петербургского университета выведен новый сорт пшеницы, урожайность которого может достигать в благоприятных условиях 120 центнеров с гектара. Кроме того, сорт мягкой пшеницы «СПбГУ-300» обладает хорошей засухоустойчивостью, повышенной зимо- и морозостойкостью, а также отличается высоким качеством зерна и генетической устойчивостью к бурой ржавчине, мучнистой росе, септориозу, желтой ржавчине и фузариозу колоса. На сегодняшний день ситуация с внедрением такова, что сорт рекомендован и готов к испытаниям в Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах Российской Федерации. «СПбГУ-300» планируют использовать как улучшитель хлебопекарных свойств зерна. В направлении развития биологизированных технологий и применения новых достижений биотехнологии в сельском хозяйстве показательно использование на практике нового органоминерального удобрения, разработанного Ставропольским ГАУ. Как показали исследования, реализованные на базе учебно-опытной станции университета, применение этого удобрения на посевах озимой пшеницы увеличивает урожайность на 7–12%, содержание клейковины – до 2,5%.

Завершающим этапом исследования является спецификация возможностей инкорпорации в деятельность различных форм бизнеса технических и технологических инноваций, а также положительных и отрицательных следствий развития отрасли на их основе. В целом, несомненно, различные по природе инновации (технические, технологические, организационные) оказывают значительное положительное влияние

на сельское хозяйство, повышая его эффективность, устойчивость и прибыльность. Позитивные результаты внедрения инноваций в аграрную отрасль экономики:

1. Повышение урожайности и продуктивности. Прецизионное земледелие (датчики, дроны, GPS-навигация) помогает оптимизировать использование ресурсов и увеличивать урожайность. Современные методы селекции и генной инженерии позволяют выводить более устойчивые и продуктивные сорта растений и породы животных. Улучшенные агротехнологии, такие как гидропоника и вертикальное земледелие, обеспечивают стабильный урожай независимо от сезона.
2. Снижение затрат и повышение экономической эффективности. Автоматизация и роботизация (беспилотные тракторы, роботы для доения) сокращают затраты на рабочую силу. Цифровые технологии и системы управления фермами (Farm Management Systems) позволяют оптимизировать расходы на удобрения, воду и корма. Современные методы хранения и переработки сокращают потери продукции.
3. Экологическая устойчивость. Использование биопрепаратов вместо химических удобрений и пестицидов снижает негативное воздействие на почву и водные ресурсы. Точные системы орошения (капельное, автоматизированное) помогают экономить воду и предотвращают засоление почв. Агроресоводство и восстановительное земледелие (no-till) способствуют сохранению плодородия почвы.
4. Улучшение условий труда и качества жизни аграрных производителей. Роботизированные технологии уменьшают физическую нагрузку на сельхозработников. Дистанционный мониторинг (системы IoT, дроны) позволяет контролировать поля и фермы, не выходя на место. Цифровые платформы облегчают сбыт продукции, упрощая доступ к рынкам и снижая зависимость от посредников.
5. Улучшение качества сельхозпродукции.

Современные методы хранения и переработки (умные склады, упаковка с контролем атмосферы) продлевают срок годности продуктов. Генетические и биотехнологии позволяют получать более питательные и безопасные продукты. Автоматизированные системы контроля качества исключают брак и загрязнение.

6. Адаптация к изменению климата.

Технологии прогнозирования погоды и управление рисками помогают лучше подготавливаться к засухам, наводнениям и заморозкам. Устойчивые сорта растений и методы восстановления почвы позволяют сельскому хозяйству адаптироваться к экстремальным климатическим условиям. Альтернативные источники энергии (солнечные панели, биогаз) снижают зависимость от традиционных энергоресурсов.

Таким образом, технологические инновации являются условием того, что сельское хозяйство становится более продуктивным, устойчивым и экологичным, помогая адекватно реагировать на глобальные вызовы, такие как изменение климата и угрозы продовольственной безопасности [25].

К ключевым областями их приложения сегодня относятся:

1. прецизионное земледелие (GPS и спутниковые технологии, датчики влажности и качества почвы, анализ больших данных и ИИ);
2. роботизация и автоматизация (агродроны, автономные тракторы, комбайны и другая беспилотная техника, работающая без участия человека, роботы для сбора урожая);
3. умные системы орошения и водосбережения (капельный полив с IoT, сбор дождевой воды и опреснительные установки, вертикальное и гидропонное земледелие);
4. цифровые технологии и блокчейн (онлайн-платформы для фермеров, блокчейн в агро-секторе, анализ данных и прогнозирование). Возможности повышения эффективности аграрного производства и противодействия

современным вызовам и угрозам, предоставляемые нововведениями технического и технологического характера, подтверждают перспективность их внедрения в отечественное сельское хозяйство в будущем [20].

Однако нельзя не отметить, что цифровая трансформация АПК, как и многие другие инновации, не только решает целый ряд насущных проблем, но и, во-первых, ставит перед отраслью новые задачи, во-вторых, создает в ней определенные проблемы и риски. Негативные следствия и проблемы, связанные с внедрением инноваций в аграрную отрасль экономики:

1. Высокая стоимость внедрения.
Современные технологии (роботы, дроны, системы управления фермой) требуют больших инвестиций. Не все производители, особенно фермерские хозяйства, могут позволить себе такие вложения. Увеличивается разрыв между крупными агрохолдингами и мелкими фермерами.
2. Угрозы экологии и биоразнообразию.
Некоторые современные технологии приводят к снижению генетического разнообразия сельхозкультур. Химические удобрения и пестициды, даже современные, негативно влияют на почву и водные ресурсы. Роботизированное сельское хозяйство может привести к нарушению естественных экосистем.
3. Социальные проблемы и безработица.
Автоматизация снижает потребность в ручном труде, что ведет к потере рабочих мест в сельской местности. Фермеры вынуждены либо осваивать сложные технологии, либо уходить из профессии. Рост цифровизации требует принципиально новых навыков в работе, что является проблемой для традиционных фермеров.
4. Цифровые риски и зависимость от технологий.
Фермеры становятся зависимыми от крупных IT-компаний, поставляющих программное обеспечение. Возможны кибератаки на цифровые ресурсы хозяйств, что может привести к сбоям в производстве. Если программное обеспечение выйдет из строя, фер-

мер может потерять управление хозяйством.

5. Этические и правовые вопросы.

Использование генетически модифицированных продуктов вызывает споры среди потребителей. Блокчейн и цифровые платформы, как правило, приводит к монополизации агрорынка крупными корпорациями.

По результатам анализа сложившейся ситуации с инновациями в отрасли можно резюмировать, что, несмотря на значительные преимущества, технологические инновации в сельском хозяйстве могут иметь и отрицательные последствия. В качестве наиболее значимых проблем хозяйствующих субъектов, на решение которых сегодня направлена и государственная политика, эксперты обозначают (1) финансовые сложности в процессе внедрения различных передовых решений аграрными производителями (несмотря на то, что в результате они позволяют экономить значительные средства и быстро выходить на окупаемость) [7], (2) кадровый дефицит, причем как общий дефицит рабочей силы в АПК, так и дефицит специалистов нового качества [9]. Следовательно, хотя технологические инновации делают сельское хозяйство более продуктивным и устойчивым, важно учитывать и их негативные последствия, определив баланс между технологиями, экосистемами и социальными аспектами сельской жизнедеятельности [16; 18; 22].

Выводы

Рассмотрение примеров, изученных в ходе исследования, а также оценка результатов, полученных учеными по различным аспектам технологических инноваций в сельском хозяйстве,

позволяет заключить, что многие успехи растениеводства, животноводства и других отраслей аграрной экономики объясняются в первую очередь применением в сельскохозяйственных процессах именно современных технологических приемов и методов, новейшей техники и оборудования. Стремительное появление различных новшеств привносит в отрасль как новые возможности, так и некоторые ограничения. Активным внедрением современных технологий объясняются достигнутые успехи в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности скота и птицы, облегчении сельского труда и задач для специалистов. Рост экономической эффективности производства, достигаемый благодаря точечным (и точным) процедурам внесения удобрений, пестицидов, поливной воды и других средств, научно обоснованному кормлению животных и уходу за ними, происходит в отрасли за счет позитивного отношения сельхозтоваропроизводителей к инновациям различного характера и соответствующей государственной политики, предусматривающей их всестороннюю поддержку. Экономное расходование ресурсов и средств, снижение трудозатрат, повышение результативности, можно рассматривать как первоочередной результат технических и технологических инноваций, а в качестве других положительных экстерналий следует идентифицировать позитивные экологические результаты (сокращение вредного воздействия сельскохозяйственного производства на почву, воду, воздух и окружающую среду в целом) и социальные достижения (повышение доходов и качества жизни селян).

Библиографический список

1. Бюллетень «Продукция сельского хозяйства в 2024 году» / Росстат. — 2025. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/SbVal_pr24.xls (дата обр. 07.02.2025).
2. Галустова Э. А., Гурнович Г. Инновационное проектирование материально-технической базы сельскохозяйственного производства // Вестник науки. — 2023. — Т. 2, 1 (58). — С. 21–29. — EDN UTGMGQ.
3. Головина С. Г., Кузнецова А. Р., Ручкин А. В. Концепция умного села: от современного содержания к практической реализации // Вестник НГИЭИ. — 2024. — 7 (158). — С. 81–95. — DOI: [10.24412/2227-9407-2024-7-81-95](https://doi.org/10.24412/2227-9407-2024-7-81-95). — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68553747>. — EDN GTVJQY.
4. Головина С. Г., Кузнецова А. Р., Хайруллин М. Ф. Продовольственная безопасность: угрозы, вызовы, возможности // Аграрная наука. — 2024. — 389 (12). — С. 173–81. — DOI: [10.32634/0869-8155-2024-389-12-173-181](https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-173-181).
5. Коротченя В. М. Научно-технический прогресс и стратегия инновационного развития сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России. — 2024. — № 2. — С. 14–20. — DOI: [10.32651/242-14](https://doi.org/10.32651/242-14). — EDN CLYACO.

6. Мельникова К. М., Евдакова М. В. Анализ инновационных технологий в растениеводстве в Орловской области: перспективы и проблемы // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2024. – Т. 11, № 1. – С. 81–85. – EDN ZECNTP.
7. Нечаев В. И., Михайлушкин П. В. Проблемы научно-инновационного развития отраслей АПК // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 5. – С. 52–59. – DOI: [10.32651/195-52](#). – EDN CIOKDQ.
8. Новости Правительства Российской Федерации. – URL: <http://government.ru/news/53237>.
9. Оболенская Л. В., Морева Е. Л. Факторы ограничивающие инновации в секторах агропромышленного комплекса России // АПК: экономика, управление. – 2020. – № 7. – С. 54–60. – DOI: [10.33305/207-54](#). – EDN AWPAPF.
10. Пекуровский Д. А. Инновации и научно-технический прогресс в агропромышленном комплексе и сельском хозяйстве // Аграрная наука. – 2020. – № 11/12. – С. 129–133. – DOI: [10.32634/0869-8155-2020-343-11-122-126](#). – EDN SHXPWL.
11. Савенко В. Г., Санду И. С. Некоторые аспекты повышения инновационной активности хозяйствующих субъектов АПК // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 11. – С. 32–35. – DOI: [10.32651/2111-32](#). – EDN NKJIDD.
12. Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года» (Распоряжение Правительства РФ от 23.11.2023 № 3309-п). – URL: <http://static.government.ru/media/files/vepsdSF4HAv0czziSpat234AqZVYrZ9t.pdf> (дата обр. 12.02.2025).
13. Хомяков Д. М. Почва и вопросы устойчивого агропроизводства // Проблемы агрохимии и экологии. – 2023. – № 3. – С. 61–72. – DOI: [10.26178/AE.2023.48.56.005](#). – EDN AOJYKL.
14. Ahmed N., Thompson S., Glaser M. Global Aquaculture Productivity, Environmental Sustainability, And Climate Change Adaptability // Environmental Management. – 2019. – No. 63. – P. 159–172. – DOI: [10.1007/s00267-018-1117-3](#).
15. Asaro P. M. Transforming Society by Transforming Technology: The Science and Politics of Participatory Design // Accounting, Management and Information Technologies. – 2000. – 10 (4). – P. 257–290. – DOI: [10.1016/S0959-8022\(00\)00004-7](#).
16. Broad G. M., Biltekoff C. Food System Innovations, Science Communication, and Deficit Model 2.0: Implications for Cellular Agriculture // Environmental Communication. – 2023. – Vol. 17, no. 8. – P. 868–874. – DOI: [10.1080/17524032.2022.2067205](#). – EDN QRVHOP.
17. Chen Q. L., Chong C., Wang X. AI-enhanced Soil Management and Smart Farming // Soil Use and Management. – 2022. – Vol. 38, no. 1. – P. 7–13. – DOI: [10.1111/sum.12771](#). – EDN ZTKAAD.
18. Ghorbani M. A., Deo R. C., Kashani M. H. Artificial Intelligence-Based Fast and Efficient Hybrid Approach for Spatial Modelling of Soil Electrical Conductivity // Soil and Tillage Research. – 2019. – No. 186. – P. 152–164. – DOI: [10.1016/j.still.2018.09.012](#).
19. Hrustek L. Sustainability Driven by Agriculture Through Digital Transformation // Sustainability. – 2020. – 12 (20). – P. 859–6. – DOI: [10.3390/su12208596](#). – EDN BKVUDK.
20. Kumar K., Palit A., Sindhu S. Artificial Intelligence and Machine Learning in Soil Analysis Innovations for Sustainable Agriculture: A review // International Journal of Advanced Biochemistry Research. – 2024. – Vol. 8, no. 11. – P. 869–878. – DOI: [10.33545/26174693.2024.v8.i11k.2973](#). – EDN JBMLOL.
21. Meisch S., Stark M. Recirculation Aquaculture Systems: Sustainable Innovations in Organic Food Production? // Food Ethics. – 2019. – No. 4. – P. 67–84. – DOI: [10.3920/978-90-8686-869-8_70](#).
22. Opportunities and Challenges in Sustainability of Vertical Farming: A Review / F. Kalantari [et al.] // Journal of Landscape Ecology. – 2018. – 11 (1). – P. 35–60. – DOI: [10.1515/jlecol-2017-0016](#).
23. Parthasarathy V., Manikandasaran S. S. A Comprehensive Survey of IoT and Machine Learning Innovations in Agriculture // International Research Journal on Advanced Science Hub. – 2024. – Vol. 6, no. 8. – P. 224–231. – DOI: [10.47392/irjash.2024.032](#). – EDN YERGAB.
24. Sira E., Pukala R. Management of Agriculture Innovations: Role in Economic Development // Marketing and Management of Innovations. – 2020. – No. 2. – P. 154–166. – DOI: [10.21272/mmi.2020.2-11](#). – EDN CXJLII.
25. Teklu A., Simane B., Bezabih M. Effectiveness of Climate-Smart Agriculture Innovations in Smallholder Agriculture System in Ethiopia // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, no. 23. – P. 1614–3. – DOI: [10.3390/su142316143](#). – EDN EBAAXU.
26. Transforming Agriculture: Innovations in Sustainable Wastewater Reuse – A review / A. Zziwa [et al.] // International Journal of Scientific Advances. – 2023. – Vol. 4, no. 6. – DOI: [10.51542/ijscia.v4i6.31](#). – EDN HGIAFL.