

**ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
АГРАРНОГО СЕКТОРА РЕГИОНА: УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АСПЕКТ****Т. Н. Тополева**

Реферат. На современном этапе цифровая трансформация российского аграрного сектора занимает одно из ключевых мест в стратегии инновационно-ориентированного экономического роста. Точное земледелие, выступающее важнейшей формой реализации цифрового тренда в производстве продукции умного сельского хозяйства, уже получило широкое распространение в странах, обладающих значительным аграрным и технологическим потенциалом. Прогноз мирового рынка точного земледелия к 2032 году оценивается на уровне 34 млрд долл. при среднегодовых темпах роста 13,3%. Для России ресурс роста, заключенный в цифровой трансформации технологических и управленческих процессов, особенно важен с точки зрения обеспечения продовольственной безопасности и достижения технологического суверенитета. В настоящее время только 10% отечественных сельскохозяйственных организаций реализуют цифровые решения на системной основе. Цифровой переход агрохолдингов завершен на 70-90%, в то время как у малых, средних предприятий и фермерских хозяйств для этого зачастую отсутствуют финансовые, кадровые и иные виды ресурсов. В условиях неоднородности уровня цифровой трансформации в разрезе регионов и категорий хозяйств, фрагментарности использования технологий точного земледелия, значительно возрастает роль региональных систем управления аграрным сектором. Представленный в исследовании алгоритм реализации проекта по разработке цифровой платформы точного земледелия в Удмуртской Республике включает ряд этапов: инициация, подготовка, проектирование, исполнение и контроль. Платформизация точного земледелия направлена, главным образом, на повышение эффективности управления процессами сельскохозяйственного производства в регионе. Через призму цифровых решений, по сути, будет реализована не только цифровая, но и экономическая парадигма, так как детализация процессов, точный учет и анализ данных способствуют максимизации экономического эффекта. Представленный алгоритм реализации проекта может быть использован в качестве базового методического инструментария при разработке дорожной карты цифровой трансформации аграрного сектора региона.

Ключевые слова: точное земледелие, цифровая трансформация, инновации, аграрный сектор, цифровые технологии, платформизация, региональное управление.

Введение. В последние десятилетия точное земледелие (далее ТЗ), основанное на интеграции передовых технологических решений, опосредует новые возможности для повышения конкурентоспособности, эффективности и устойчивости аграрного сектора отдельных стран и регионов. Цифровые технологии, индивидуализируя методы управления применительно к сельскохозяйственным культурам и земельным участкам, способствуют повышению урожайности и рациональному использованию ресурсов. В условиях обострения геополитической обстановки технологическое отставание несет в себе угрозы потери конкурентных преимуществ и повышает риски утраты продовольственной независимости страны. Это предопределяет стратегическое значение цифровых технологий и платформенных решений в реализации национальных целей развития России.

Под точным земледелием (которое все чаще идентифицируется как цифровое), понимается комплекс технологий сельскохозяйственного менеджмента, включающий глобальное позиционирование, оценку урожайности, геоинформационные системы, дистанционное зондирование земли, переменное нормирование [1]. Точный анализ данных позволяет генерировать более эффективные управленческие решения, что в конечном итоге направлено на рост продуктивности посевов, снижение издержек и обеспечение экологической безопасности.

Концептуальный и методологический дискурс по ТЗ был заложен в работах иностранных авторов: П. Роберта, М. Прингла, А. Макбрата, Н. Занга [2, 3, 4] на рубеже XX-XXI вв. В российском научном сегменте проблематику ТЗ рассматривала большая плеяда исследователей по профилям сельскохозяйственных, экономических и технических наук, что указывает на значимый уровень междисциплинарности концепции ТЗ. Управленческий, экономический, агрономический, кадровый и цифровой аспекты внедрения технологий ТЗ раскрыты в трудах В.П. Якушева, В.В. Якушева, Н.В. Гриц, Р.А. Ростовцева, А.К. Субаевой, Н.Р. Александровой и других ученых [5, 6, 7]. Так, Т.Г. Гурнович и Б.З. Дзетль, отмечают, что ТЗ, как менеджмент-система, представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов управления всеми этапами возделывания сельскохозяйственных культур [8].

Большинство ученых рассматривают экономические эффекты внедрения цифровых технологий ТЗ через оптимизацию использования ресурсов. За последние годы по региональному сегменту появился целый ряд исследований. Так, Н.В. Сергеева, анализируя опыт применения технологий ТЗ в АО «Совхоз имени Ленина» Московской области на площади 1060 га, рассчитала, что благодаря сокращению величины перекрытия рабочих ходов при использовании приборов точного позиционирования сельскохозяйственной техники,

экономию производственных затрат на внесение удобрений, семенного материала и топлива достигает одной тыс. руб. на га. При этом срок окупаемости единовременных вложений составляет два года [9].

В работе по Нижегородской области кластерный анализ эффективности использования элементов ТЗ показал, что начальные этапы применения ТЗ (фрагментарное использование, первый кластер сельскохозяйственных организаций) приводят к росту себестоимости и не демонстрируют экономического эффекта. В полной мере эффект проявляется в пятом кластере (массовое использование технологий ТЗ), где рост урожайности зерновых культур относительно первого кластера составил 40%, рентабельности – 14 п.п., себестоимость при этом снизилась на 13% [10]. Аналитические расчеты по Саратовской области также показали наличие кумулятивного эффекта и рост экономической эффективности при комплексном внедрении технологий ТЗ. Средний срок окупаемости при фрагментарном внедрении ТЗ составил около четырех лет, при комплексном – два года [11].

Цифровая трансформация аграрного производства предполагает изменение управленческих подходов так как усиливаются горизонтальные коммуникации (сетизация), аналитика больших данных требует особых компетенций, возникают новые формы бизнес-моделей (платформизация). А.Р. Валиев с коллегами констатируют, что цифровая трансформация влияет не только на сельскохозяйственных товаропроизводителей, но и на поставщиков, переработчиков и розничные сети, а следовательно, отражает изменение общего управления ресурсами в сторону индивидуального, интеллектуального и упреждающего управления в режиме реального времени [12]. В работе М.С. Петуховой заявлено о необходимости разработки «цифрового фундамента» в аграрном секторе России и формировании новых «пакетных решений» для рынка, включающих агрохимию, сортовые технологии и цифровые платформы [13].

В настоящее время представители научного сообщества и практики сходятся во мнении, что барьером цифровой трансформации аграрного сектора на уровне регионов является отсутствие системного подхода со стороны региональных органов управления. Данный подход требует проработки финансово-экономических, технологических, кадровых, внедренческих и иных вопросов. Необходима разработка проектов (алгоритмов) по развертыванию и внедрению ИТ-технологий и цифровых платформ. Стратегические установки на федеральном уровне проецируют региональную ответственность за достижение целей цифрового развития.

Актуальность исследования определяется, с одной стороны, возрастающим значением цифровых технологий и платформенных решений для повышения эффективности функционирования российского аграрного

сектора в контуре задач обеспечения технологического суверенитета и продовольственной безопасности, с другой – необходимостью совершенствования управленческих стратегий регионов в условиях новых вызовов цифровой экономики.

Целью настоящего исследования является разработка алгоритма реализации проекта по созданию цифровой платформы точного земледелия в Удмуртской Республике.

Условия, материалы и методы. Исследование проведено на основе аналитического обзора научной литературы и открытых источников по международному и отечественному опыту внедрения технологий ТЗ, что позволило сформировать представление об уровне, передовых практиках, страновых и региональных особенностях, преимуществах и барьерах, сдерживающих процесс внедрения технологий, а также развитие рынка ТЗ в целом. К информационному базису следует отнести нормативно-правовые документы, стратегии, программы, проекты федерального и регионального уровней, открытые данные профильных министерств и ведомств, холдинговых структур (рейтинги, предиктивную аналитику, информацию о действующих цифровых платформах), аналитические отчеты агентств в области цифрового развития аграрного сектора.

При проработке этапов реализации проекта по созданию цифровой платформы точного земледелия в Удмуртской Республике автор обращался к методологии проектного управления в государственном секторе, что позволило детализировать традиционные этапы проектного процесса применительно к отделению к региону.

Также был использован комплекс общенаучных методов: монографический, аналитический, логический, систематизация, интерпретация, графическая визуализация.

Результаты и обсуждение. Во всем мире устойчивым трендом развития сельского хозяйства становится масштабирование цифровых технологий, динамичное внедрение которых выступает базовой закономерностью функционирования и развития инновационных производственных экосистем. В повестке международных организаций и национальных правительств цифровая трансформация связана с комплексной автоматизацией и роботизацией производств, цифровым проектированием, моделированием и масштабным переходом на платформенные решения. Растущая потребность в увеличении урожайности, внимание практиков к устойчивым методам ведения сельского хозяйства и экологии обуславливают технологический прогресс в области ТЗ.

По данным аналитиков Precedence Research, в текущем 2025 году мировой рынок ТЗ достигнет уровня 14,18 млрд долл., прогнозируемое значение к 2032 году составляет 34 млрд долл. со среднегодовыми темпами 13,3% [14]. Данные о динамике мирового рынка ТЗ представлены на рис. 1.

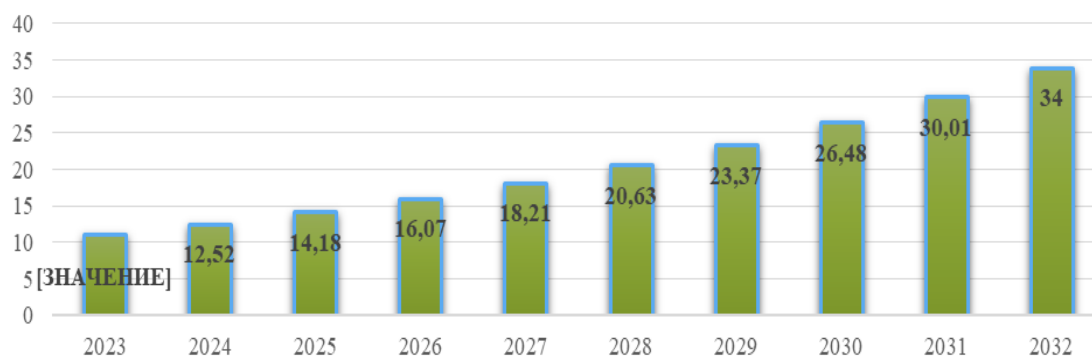


Рис. 1 – Размер мирового рынка точного земледелия, млрд долл.

Проведенный в рамках исследования обзор научной литературы и открытых источников по международному опыту применения технологий ТЗ свидетельствует о доминировании в этом секторе стран Североамериканского континента – США и Канады, где внедрение ТЗ началось еще в 90-х годах прошлого века на фоне появления глобальной системы позиционирования и географических информационных систем. Компании из этих стран являются ключевыми игроками на

рынке технологий ТЗ (CropMetrics, AgJunction, AGCO Corporation и др.). Применение технологий ТЗ уменьшило потребность в средствах производства для аграрного сектора США в среднем на 20%. Особенностью является широкое распространение не только отдельных, но и комплексных технологических решений [15]. Содержательные аспекты цифрового развития в области ТЗ по некоторым странам мира систематизированы в таблице 1.

Таблица 1 – Особенности цифровизации аграрного сектора в контексте внедрения технологий точного земледелия по некоторым странам мира

Страна	Содержательные аспекты цифрового развития в области ТЗ
1	2
США	- мировое лидерство по уровню цифровизации сельского хозяйства и развития технологий машинного обучения, искусственного интеллекта, больших данных (как составных частей ТЗ); - весомая господдержка НИОКР в области развития ТЗ, в т.ч. для малого агробизнеса; более 6000 стартапов в области агротехнологий; - реализация национальной программы «Продовольственная и сельскохозяйственная киберинформатика и инструменты»; - 27% фермеров используют технологии ТЗ, в штатах, возделывающих пропашные культуры – до 60%; в среднесрочной перспективе 75-90% фермеров перейдут на технологии ТЗ; - локализация ведущих мировых производителей систем автовождения сельскохозяйственной техники (Autonomous Tractor Corporation, AGRO Corporation); - разработка цифровой экосистемы FarmSight, которая объединяет передовые решения в области ТЗ, предоставляет данные о работе сельскохозяйственной техники в режиме реального времени; - разработка цифровых платформ и мобильных приложений ТЗ: Connected Farm, John Deer Operation, Farm Server, FarmMaps, Geo Bird и др.
Канада	- мировое лидерство по уровню выработки на одного работника в сельском хозяйстве за счет автоматизации и широкого применения технологий Agricultural 4.0, включая ТЗ; - государство до 2028 года инвестирует 87,5 млн долл. в развитие умного сельского хозяйства с привлечением 30 академических учреждений (поддержка 16-ти исследовательских проектов) [16]; - реализация государственной программы по развитию аграрных суперкластеров в интересах повышения эффективности и продуктивности фермерства, создание целого ряда фондов по технологической поддержке цифровой трансформации сельского хозяйства; - бесплатный доступ фермеров к интерактивным картам, формируемым на основе спутниковых снимков; - реализация проекта «Агропродовольственная автоматизированная и интеллектуальная сеть» на базе искусственного интеллекта и робототехники; - разработка цифровых платформ управления фермами (компания Decisive Farming, Farmers Edge), внедрение систем прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур (Motorlea).

Продолжение таблицы 1

1	2
Германия	- создание 14 цифровых инновационных агропарков; - реализация проектов на базе университетов, научных организаций и специализированных компаний, в т.ч.: Agrisens-Deminn» (исследовательский центр наук о Земле, Потсдам): разработка систем дистанционного зондирования в растениеводстве; Landnetz (Технический университет Дрездена): облачные сети для Agriculture 4.0 и сельских территорий; «BeSt-SH» (университет прикладных наук Kiel GmbH): цифровизация потоков в сетевых аграрных комплексах; - государственное финансирование проектов в области цифровизации сельского хозяйства; - развитие экономики агрошеринга на цифровых платформах – аренда свободной сельскохозяйственной техники для полевых работ; - создание цифровой платформы Plantix на основе искусственного интеллекта для диагностики болезней сельскохозяйственных культур.
Беларусь	- разработка и реализация комплексного проекта «Точное земледелие»; - создание национальной цифровой платформы «Точное земледелие»; - выход на серийный выпуск сельскохозяйственной техники, оснащенной элементами системы ТЗ (система навигационного управления BelarusTTZ Hidro Pro с функционалом Isobus для тракторов; систем автовождения для уборки злаковых культур, акустических датчиков для копирования рельефа полей, оборудования для отбора почвенных проб, рассеивателей минеральных удобрений и др.); - использование системы агрохимического обследования полей (включая мониторинг и картирование); - создание автоматической агрометеорологической системы; - разработка картографического сервиса для фермеров OneSoil; - внедрение системы картирования урожайности для зерноуборочных комбайнов.
Китай	- реализация национального плана по развитию умного сельского хозяйства с опорой на инновации, цифровые и роботизированные технологии; - реализация инициативы «Сделано в Китае» для снижения зависимости от импорта, национальной программы «Цифровое сельское хозяйство»; - в стране прогнозируется наиболее быстрый рост сектора технологий ТЗ до 2030 года относительно других стран мира (на 12,6% к уровню 2023 года); - локализация мировых лидеров в области ТЗ, в т.ч.: DJI (производство беспилотных авиационных систем), XAG (анализ урожая на основе искусственного интеллекта, блокчейн); Liantronics (интеллектуальные системы орошения); Shanghai AllyNav Technology (системы автовождения); - академия наук КНР разрабатывает национальную цифровую платформу больших данных для анализа и оптимизации использования ресурсов сельскохозяйственного производства.
Индия	- страна является крупнейшим в Азиатско-Тихоокеанском регионе инвестором в агротехнологические инновации; - функционирует государственный сельскохозяйственный акселератор для развития экосистемы агротехнологий; - стремительный рост агротехнологических стартапов; - государственное субсидирование создания фермерско-производственных компаний; - перспективный рынок сегмента агро-БАС; - внедрение государственной программы цифрового картирования почв; - внедрение алгоритмов искусственного интеллекта (Intello labs) для оценки продукции малых фермерских хозяйств, впервые выходящих на рынки; - крупные агротехнопарки (Agrostar, DeHaat) проводят выездные информационные компании для популяризации цифровых решений, обучают фермеров работе с мобильными приложениями в области ТЗ.

Примечание: составлено автором

На долю европейских стран в 2024 году приходилось более 25% доходов мирового рынка ТЗ. Наиболее быстрорастущим направлением является сегмент аграрных беспилотных авиационных систем (агро-БАС). Совершенствование аппаратного и программного обеспечения агро-БАС (увеличение времени автономного функционирования, стабильность полета, искусственный интеллект)

выводят данные системы на новый уровень в части выполнения более сложных и разнообразных задач в режиме реального времени. Проекты в области ТЗ реализуются в Европе на базе университетов и научных центров. Лидером по технологиям является Германия, где их используют до 60% как крупных, так и небольших фермерских хозяйств. Значительно продвинулась в области ТЗ Беларусь, 87%

техники и оборудования, используемых в ТЗ, производятся местными компаниями. Разработки отвечают требованиям мирового уровня и задействуются на всех этапах технологического процесса [17].

Китай «размывает» американское технологическое лидерство довольно быстрыми темпами и по патентной активности в области ТЗ находится на уровне США и Германии. По общему объему инновационных решений страна занимает первое место в мире, в связи с чем США озабочены технологическим сдерживанием Китая. Большинство китайских технологий на сегодняшний день являются имитирующими, при этом государство нацелено на достижение технологической независимости в обозримой перспективе, о чем заявлено в документах стратегического планирования [18]. По прогнозам азиатский рынок ТЗ будет расти наиболее высокими темпами в мире (в среднем на 15,5% в год), благодаря масштабированию государственных инициатив, динамичному росту агротехнологических стартапов и инвестиций, широкому внедрению цифровых платформ.

В Индии – одной из самых быстрорастущих экономик мира, аграрный сектор обладает значительным потенциалом роста. Его развитие связано не просто с расширением потребительской корзины, но с сохранением жизни населения, поскольку в стране актуальна проблема преодоления голода. Государство продвигает инициативы по внедрению искусственного интеллекта в сельское хозяйство (Digital Agriculture Mission 2021-2025 года), стремительно развивается экосистема агро-стартапов (ежегодный рост 25%). Принимая во внимание вторую по величине площадь сельскохозяйственных угодий в мире и огромное количество фермеров, индийский рынок ТЗ прогнозируется как один из самых перспективных, особенно в области применения агро-БАС.

Анализ международного опыта свидетельствует о значительной вовлеченности государственного сектора в процесс внедрения технологий ТЗ на национальном и региональном уровнях посредством использования финансовых и нефинансовых инструментов поддержки сельскохозяйственных организаций, таких как: реализация целевых государственных проектов и программ, поддержка НИОКР в области цифрового перехода, информационно-аналитическое сопровождение, прямое субсидирование, грантовая поддержка, венчурное финансирование, налоговые преференции, государственно-частное партнерство, акселерация стартапов, консалтинг и др. При этом как для развитых, так и для развивающихся стран ключевым финансовым барьером развития рынка ТЗ являются высокие первоначальные инвестиции. Необходимость расходов на передовое оборудование, программное обеспечение

и обучение «задерживает» многих фермеров на уровне традиционных методов ведения сельского хозяйства.

Рисками развития рынка ТЗ также выступают факторы технологической неоднородности, неравномерности доступа к цифровым технологиям и сервисам (цифровой разрыв). Еще одной проблемой является отсутствие у фермеров необходимых компетенций по управлению большими данными. Неспособность использовать современные системы управления и анализа, а, следовательно, интерпретировать данные должным образом, снижает эффективность применения технологий, что также сдерживает потенциал рынка ТЗ.

В доходах фермерских хозяйств западных стран доля государственной финансовой поддержки варьирует в диапазоне 15-80%. Такой уровень объективно способствует большей доступности инновационных решений для широкого применения, в том числе в области платформизации. Положительная прогнозная динамика рынка ТЗ и накопленный передовой опыт стран отражают итоги стратегического сотрудничества, которое многие годы выстраивалось между технологическими компаниями, агробизнесом и исследовательскими институтами.

Временной лаг, разделяющий внедрение элементов ТЗ в России, относительно стран Глобального Запада, составляет более трех десятков лет. Соответственно, уровень технологического проникновения, стадия цифровой трансформации, как и субъективное отношение аграриев к работе с функционалом мониторинговых систем значительно разнятся. В настоящее время цифровизация в той или иной степени затрагивает 30% сельскохозяйственных предприятий, но только 10% из них используют цифровые технологии на системной основе. Тем не менее, потенциал рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве оценивается на уровне 360 млрд руб. Ежегодное увеличение площадей пашни, обрабатываемой с использованием технологий ТЗ, составляет около 3,5%.

Ведомственный проект Минсельхоза РФ «Цифровое сельское хозяйство» в рамках одного из ключевых блоков «Агрорешения для агробизнеса», определил целый ряд комплексных цифровых интеллектуальных систем, в том числе: «Умное поле», «Умная теплица», «Умный агроофис» и др. Потенциальные эффекты от реализации технологий ТЗ представлены в таблице 2.

Ключевым инвестором в технологическое развитие российского аграрного сектора является государство. Минсельхоз России позиционируется как ключевой интегрирующий актор национальной цифровой экосистемы сельского хозяйства [19].

Таблица 2 – Эффекты от реализации инновационных решений в области точного земледелия

Инновационные решения в области ТЗ	Эффект от реализации технологии ТЗ
автоматическая обработка полей беспилотной сельскохозяйственной техникой	сокращение потерь урожая до 13% сокращение сроков уборки урожая на 25%
выделение однородных зон в пределах одного поля	рост урожайности на 20%
технология сменной нормы высева и автоматического отключения сева	рост урожайности на 12% (относительно одной нормы сева)
технология дифференцированного внесения удобрений	экономия в пределах 5-40% удобрений
достоверная информация о качестве обрабатываемых почв	сокращение расходов на удобрения до 30%
технология моделирования погодных условий	сокращения потерь урожая до 25%

Источник: по данным аналитики компании Cognitive Pilot

Барьерами сдерживания ТЗ являются финансовые факторы, риски качества и надежности технологических продуктов, неполный (либо нестабильный) охват территорий сетью Интернет, что приводит к некорректной работе оборудования. Большое количество климатических зон и разнообразие почв усложняет разработку универсальных решений для ТЗ, требует пилотного проектирования для тестирования и адаптации к тем или иным пространственным условиям. Остро стоит проблема нехватки квалифицированных специалистов. Значимой детерминантой кадрового обеспечения цифровизации аграрного сектора является система профессионального образования, прежде всего в региональных вузах [20]. Еще одним барьером развития ТЗ является отсутствие единых стандартов передачи данных, что остается ограничивающим фактором в процессе интеграции отдельных технологий, цифровых платформ и экосистем.

Российские агрохолдинги (Мираторг, Русагро и др.) инвестируют в развитие ТЗ своих растениеводческих дивизионов уже более десяти лет и, как правило, имеют в своих структурах департаменты по развитию ТЗ. Переход на качественно новый уровень позволил агробизнесу увеличить эффективность производства. Так, агрохолдинг Агро-Альянс-Сибирь в 2020 году распространил комплекс технологий ТЗ на всю площадь посевов (ранее ТЗ использовалось фрагментарно в течение четырех лет), за счет этого была достигнута рекордная в Красноярском крае урожайность пшеницы и рапса [21].

На фоне запроса на достижение технологического суверенитета в России сделан существенный шаг в области разработки отечественных программно-технических решений, которые все активнее используются в практике аграриев: «Агротоник» (комплекс агросервисов, локализация сельскохозяйственной техники, обработка почвы); «АгроМон» (веб-сервис и мобильное приложение: планирование сезона, управление полевыми работами); SmartAGRO (агроаналитика, направленная на автоматизацию до 90% бизнес-процессов сельскохозяйственной организации); Neuro-Plant (сбор, хранение, аналитика данных с

использованием искусственного интеллекта).

Возможности цифровой платформы «Агросигнал» (компания-разработчик «Инфо-БиС») по управлению агробизнесом используют более 300 сельскохозяйственных организаций в 24 регионах страны. Выбор информационной системы, основанной на технологии сбора и обработки данных с датчиков на сельскохозяйственной технике и рабочих местах, показал рост рентабельности в среднем на 25%, сокращение затрат до 50%, увеличение урожайности более чем на 15%.

Официальные источники в январе 2025 году сообщили, что российская компания Cognitive Pilot (дочерняя компания экосистемы Сбер) заняла второе место в рейтинге мировых производителей технологических решений для автономного пилотирования всех видов сельскохозяйственной техники на базе искусственного интеллекта [22]. Поскольку это один из наиболее сложных высокотехнологичных сегментов, выход российской компании на глобальный уровень в условиях жесточайших международных санкций безусловно стал успешным примером высокого качества технологий и эффективной бизнес-стратегии. При этом менеджмент компании утверждает, что такие инструменты как маркетинговая поддержка и продвижение на зарубежных рынках, не были использованы.

Можно привести и другие примеры новейших отечественных решений в области ТЗ. В 2024 году Институтом цитологии и генетики СО РАН разработано программное обеспечение для точного подсчета полевых всходов на основе алгоритмов искусственного интеллекта. Ученые Северо-Кавказского федерального университета запатентовали радиолокационный метод оценки состояния почвы. В Казанском государственном аграрном университете завершена разработка аппаратно-программного комплекса 4 уровня ADAS для машинно-тракторных агрегатов – беспилотной системы, сочетающей технологии машинного зрения, искусственного интеллекта и анализа больших данных.

Отрасль БАС является одной из ключевых для развития ТЗ. В 2024 году объем рынка беспилотников на фоне роста заказов оборонной и гражданской сфер показал

стремительный рост – 45% и достиг 36 млрд руб., прогнозное значение на 2025 год превышает 50 млрд руб. В структуре рынка 21% занимают услуги, к ним относятся и использование агро-БАС (дистанционный мониторинг, внесение удобрений и др.). Ожидается, что в среднесрочной перспективе отечественный рынок агро-БАС преодолет стадийный дисбаланс и станет более сбалансированным [23].

Краснодарский край, Воронежская и Волгоградская области, Республики Татарстан и Башкортостан являются регионами-лидерами по использованию технологий ТЗ. В Республике Татарстан принята Стратегия цифровизации АПК до 2030 года. Продвижением цифровой трансформации комплекса занимается АО РИВЦ, планомерно создавая среду возможностей для успешного развития агрохолдингов, средних и малых хозяйств. Регион стал одним из первых, где внедрение технологий ТЗ началось еще в 2010-х годах. Агрохолдинги республики («Агросила», «Чистополье», «Красный восток») реализовали цифровой переход при взаимодействии с научными коллективами КФУ и Казанского аграрного университета. В настоящее время регион возглавляет российский динамический рейтинг цифровизации АПК. Программы поддержки автоматизации (софинансирование 50% от стоимости внедрения), повышения квалификации руководителей хозяйств для получения цифровых компетенций, подключение дополнительных цифровых сервисов и, как следствие, динамика улучшения показателей функционирования сельскохозяйственных организаций, свидетельствуют об эффективности региональной системы управления. В 2022 году информационной системе АПК региона присвоен статус государственной. Она содержит более 10 модулей и позволяет сельскохозяйственным и ведомственным организациям получать доступную аналитику и оперативную информацию о состоянии отрасли в онлайн-режиме.

При поддержке Минсельхоза РТ функционирует образовательная платформа «Агрополия». В региональных вузах разработаны уникальные образовательные программы по подготовке специалистов в области ТЗ. Комплекс знаний формирует компетенции по сельскохозяйственному производству, экономике сельского хозяйства, информационным технологиям и другим инновационным методам для роста эффективности аграрного сектора, управлению агробизнесом в условиях цифровой экономики.

В Удмуртской Республике точкой старта развития технологий ТЗ можно считать реализацию проектов по картированию земель сельскохозяйственного назначения на основе данных агрохимических обследований районов. Руководством региона была поставлена задача – довести ТЗ в Удмуртской Республике до уровня регионального отраслевого стандарта. Разработана «Цифровая карта Удмуртской

Республики», актуализируемая 4 раза в год. Карта содержит комплексную информацию, используемую управленцами и инвесторами при принятии решений по размещению сельскохозяйственных культур, применению адаптивно-ландшафтных технологий их возделывания с учетом почвенно-климатических особенностей.

Департаментом научно-технологической политики и образования Минсельхоза России в период 2019-2023 года осуществлялся выборочный сбор статистической информации об использовании элементов точного сельского хозяйства в регионах России. По данным обследования за 2023 год, в Удмуртской Республике из 306 сельскохозяйственных организаций, осуществляющих деятельность, элементы ТЗ используют 113 (36,9%), охват площадей составил 446,8 тыс. га. (по данным сельскохозяйственной переписи 2021 года, площадь сельхозугодий в сельскохозяйственных организациях региона составляет 833,7 тыс. га, из них пашни – 763,1 тыс. га).

Несмотря на положительные тенденции, интенсивность цифровой трансформации аграрного сектора Удмуртской Республики на сегодняшний день характеризуется как недостаточная. Низкий уровень бюджетной обеспеченности региона сказывается и на уровне государственной поддержки аграриев. В контексте реализации ТЗ регион значительно уступает лидерам не столько по количеству организаций, применяющих технологии ТЗ, сколько по спектру технологий, т.к. они используются в основном фрагментарно (по большей части связаны с системами отслеживания работы сельскохозяйственной техники и некоторыми элементами «Умной фермы»). В свете реализации стратегических нарративов региональная система управления заинтересована в привлечении лучших практик цифровой трансформации аграрного сектора на основе межрегионального и международного сотрудничества.

Благодаря локализации ведущих российских производителей беспилотников, Удмуртская Республика является одним из перспективных центров развития БАС в России. В 2025 году на развитие научно-производственного центра компетенций БАС «Инмар» в Удмуртской Республике из федерального бюджета будет направлено 1,28 млрд руб. В качестве резидентов заявлено 19 региональных организаций, в перспективе одной из специализаций центра могут стать агро-БАС.

В рамках настоящего исследования разработка цифровой платформы точного земледелия в Удмуртской Республике рассматривается как проект, инициируемый на уровне региональной системы управления. Реализацию проекта следует осуществлять с помощью методологии проектного управления, в частности, гибридной методики (НМ), сочетающей элементы традиционного (Waterfall-подход) и гибкого управления (Agile-подход).

Гибридная методика положительно зарекомендовала себя при решении задач федерального и регионального уровней, т.к. позволяет объединить в единый

процесс несколько групп разработчиков. Проектный цикл разработки цифровой платформы предусматривает ряд этапов (рис. 2):

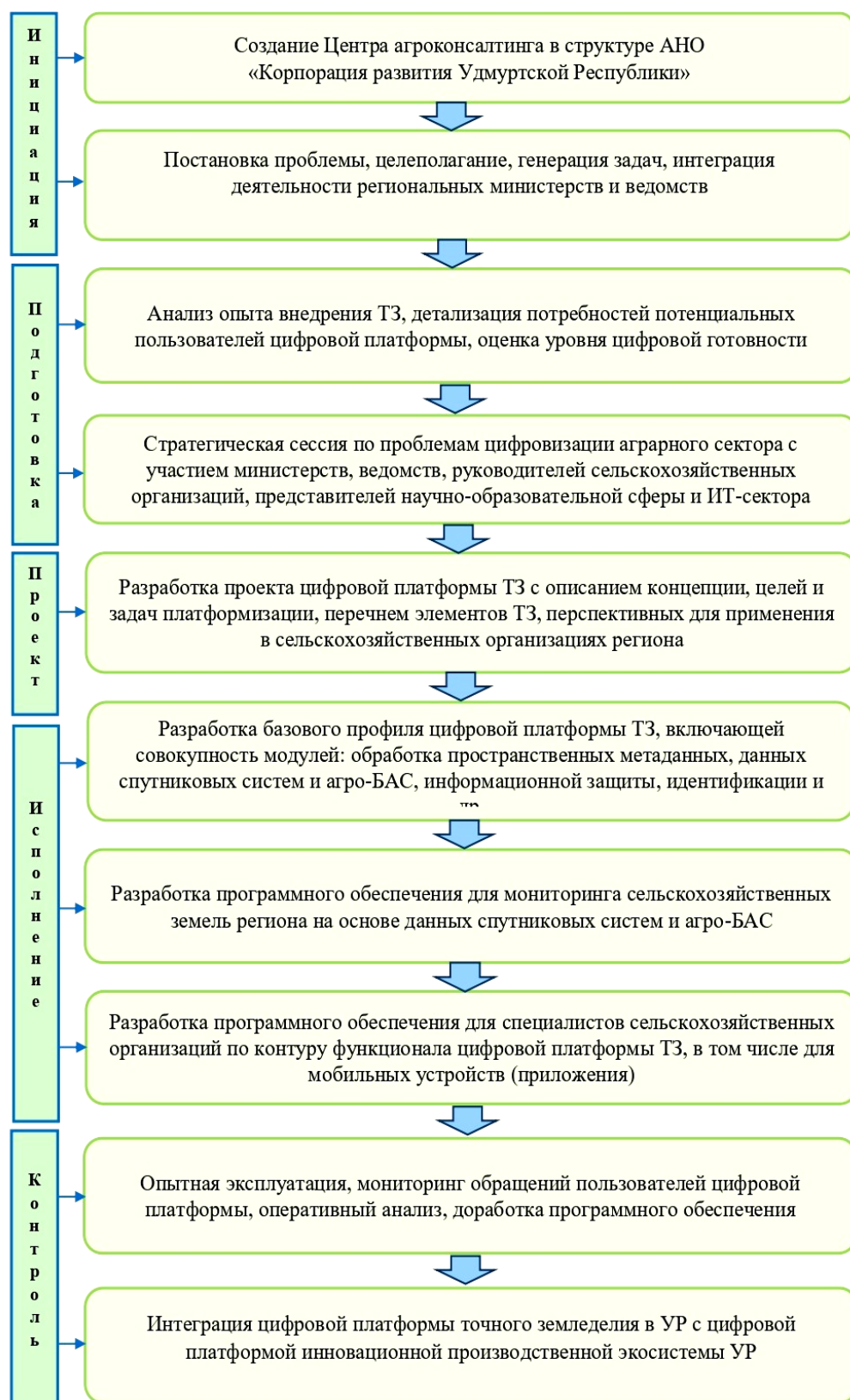


Рис. 2 – Этапы реализации проекта по разработке цифровой платформы точного земледелия в Удмуртской Республике

1. Этап инициации. Постановка проблемы, целеполагание и перечень соответствующих управленческих задач относятся к сфере компетенций в рамках интеграции деятельности Минсельхоза УР, Минцифры УР и АНО «Корпорация развития УР». Специализированной организационной площадкой может стать новая структура – Центр агроконсалтинга, созданная на базе АНО «Корпорация развития УР».

2. Этап подготовки. Отождествляется с приоритизацией, определением ресурсной обеспеченности и проектной итерацией. На данном этапе необходимо проведение анализа международного и отечественного опыта внедрения технологий ТЗ, особенностей функционирования регионального аграрного сектора, определение уровня использования технологий ТЗ в сельскохозяйственных организациях Удмуртской Республики, цифровой готовности, а также платформенных потребностей с точки зрения необходимых сервисов. Для реализации этапа могут быть привлечены коллективы региональных научных и образовательных организаций (УдмФИЦ УрО РАН, Института экономики УрО РАН, УдГАУ).

Кроме того, в рамках этапа предусмотрено проведение стратегической сессии с участием основных заинтересованных сторон реализации проекта. По итогам сессии будут определены стратегические приоритеты развития аграрного сектора региона с учетом текущих трендов цифровой трансформации, перспектив развития ТЗ и платформизации. Разработку цифровой платформы точного земледелия в Удмуртской Республике следует рассматривать в качестве одной из приоритетных задач цифровой трансформации, т.к. платформенный подход является целевым.

3. Этап проектирования. Формируется команда региональных разработчиков проекта, которые определяют цели, модульный функционал цифровой платформы с учетом запросов сельскохозяйственных организаций региона и планов отраслевого развития. На данном этапе планируется взаимодействие с потенциальными техническими исполнителями цифровой платформы – организациями, осуществляющими администрирование, сопровождение, бесперебойное функционирование и информационную защиту данных. В настоящее время на российском рынке уже существуют интеграторы полного цикла цифровых технологий ТЗ (Агроноут с цифровой платформой True Fields («точные поля»); Ростсельмаш с набором платформенных сервисов агроменеджмента «Агротроник»; цифровые решения экосистемы Сбер для сельского хозяйства и др. В Удмуртской Республике уже внедрено более 40 цифровых платформ в государственном управлении, отраслях экономики и социальной сферы, большинство из них создано именно региональными разработчиками.

4. Этап исполнения. На данном этапе разрабатывается базовый профиль цифровой

платформы ТЗ с полным перечнем модулей, программное обеспечение для мониторинга сельскохозяйственных земель региона на основе данных спутников и агро-БАС, а также для специалистов сельскохозяйственных организаций (как для стационарных, так и для мобильных устройств). Настройки цифровой платформы должны учитывать локальные условия региона для формирования наиболее точной аналитики.

Уровень цифровой зрелости и цифровые возможности региональных сельскохозяйственных организаций значительно разнятся, особенно сказываются нехватка ИТ-специалистов и недостаток необходимых цифровых компетенций. В этих условиях на базе Центра агроконсалтинга необходимо организовать обучение по использованию технологий ТЗ для руководителей сельскохозяйственных организаций, агрономов, работников управлений сельского хозяйства районов. Образовательные семинары-практикумы также будут проводиться на территориях сельскохозяйственных организаций, где компании-разработчики смогут презентовать свои технологические решения и обосновывать их применение с точки зрения потенциальных экономических эффектов. Существующий в регионе опыт проведения обучения необходимо трансформировать в системный, т.е. создать инфраструктуру непрерывной подготовки кадров. Консалтинг по технологиям ТЗ также должен быть организован на постоянной основе с привлечением ведущих экспертов в этой области. При этом возможности цифровой платформы ТЗ должны включать обучающий сервис, доступ к сельскохозяйственным знаниям с онлайн программами, а также сервис для коммуникаций и сотрудничества по обмену опытом на межрегиональном и международном уровнях.

5. Этап контроля. Тестовый запуск цифровой платформы ТЗ организуется параллельно с мониторингом обращений пользователей. Это один из ключевых этапов, его длительность зависит от заданной системной сложности и функционала и, как правило, продолжается несколько недель. Происходит оптимизация программного обеспечения и архитектуры. Цифровая платформа доводится до уровня релиза и имеет возможности расширения сервисных возможностей. Совершенствуется алгоритм технической поддержки. В перспективе цифровая платформа точного земледелия в Удмуртской Республике может быть интегрирована с цифровой платформой инновационной производственной экосистемы Удмуртской Республики, некоторые аспекты моделирования которой представлены в более раннем исследовании автора [24].

Выводы. Таким образом, высокая социальная и стратегическая значимость аграрного сектора России на фоне возрастания глобальных вызовов современности предопределяет необходимость более активной

государственной поддержки и вовлеченности региональных систем управления в реализацию программ цифровой трансформации, в том числе в сфере продвижения технологий ТЗ. Преимущества, генерируемые технологиями машинного обучения и искусственного интеллекта, повышают инвестиционную ценность платформизации. Разработка цифровых платформ и совершенствование их возможностей, создание более эффективных, доступных цифровых сервисов, увеличение охвата пользователей, наряду с повышением надежности и информационной безопасности, являются важными направлениями перспектив ТЗ.

Представленный алгоритм реализации проекта по созданию цифровой платформы точного земледелия в Удмуртской Республике

может быть использован в качестве базового методического инструментария при разработке дорожной карты по развитию ТЗ в регионе (включая разработку паспорта и плана-графика проекта), а также в процессе разработки иных региональных проектов в области цифровой трансформации сельского хозяйства и АПК в целом.

Сведения о финансировании. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания Института экономики Уральского отделения РАН «Методология формирования и развития инновационных производственных экосистем регионов в условиях цифровой трансформации экономики», НИОКТР № 0327-2024-0022 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

Литература

1. Труфляк Е.В. Основные элементы системы точного земледелия / Е.В. Труфляк. Краснодар: КубГАУ. 2016. 39 с.
2. Robert P.C. Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management // Plant and Soil. 2002. Vol. 247. P. 143-149. doi:10.1023/A:1021171514148.
3. Mcbratney A.B., Pringle M.J. Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture // Precision Agriculture. 1999. No. 1. P. 125-152. doi:10.1023/a:1009995404447.
4. Zhang N., Wang M., Wang N. Precision agriculture – a worldwide review // Computers & Electronics in Agriculture. 2002. Vol. 36. P. 113-132. doi:10.1016/s0168-1699(02)00096-0.
5. О совершенствовании реализации агротехнологических решений в точном земледелии / Якушев В.П., Якушев В.В., Конев А.В. и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 13-17.
6. Гриц Н.В., Ростовцев Р.А., Диченский А.В. Использование элементов точного сельского хозяйства для получения климатически обоснованной урожайности сельскохозяйственных культур в специализированных севооборотах. // Аграрная наука. 2023. № 10. С. 88-94. doi 10.32634/0869-8155-2023-375-10-88-94.
7. Субаева А.К., Александрова Н.Р. Теория и практика цифровизации сельского хозяйства Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 3(59). С. 133-138. doi:10.12737/2073-0462-2020-133-138.
8. Гурнович Т.Г., Дзетль Б.З. Точное земледелие как инструмент повышения эффективности производственных процессов в условиях цифровизации // Деловой вестник предпринимателя. 2023. №4(14). С. 21-23.
9. Сергеева Н.В. Экономическое обоснование элементов точного земледелия // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 5. С. 2-7. doi: 10.32651/245-2.
10. Завиваев Н.С., Якимов О.Ю., Мансуров А.П. Кластерный анализ эффективности использования элементов точного сельского хозяйства // Вестник НГИЭИ. 2021. № 12(127). С. 82-94. doi:10.24412/2227-9407-2021-12-82-94.
11. Нейфельд В.В., Алиева Д.М. Обоснование экономической эффективности применения технологий точного земледелия (на примере Саратовской области) // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. 2021. № 1. С. 51-53.
12. Приоритеты развития агропромышленного комплекса и задачи аграрной науки и образования / Валиев А.Р., Низамов Р.М., Сафин Р.И. и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 1(65). С. 97-107. doi:10.12737/2073-0462-2022-97-107.
13. Петухова М.С. Прогнозная оценка рынков инновационных технологий для зерновой отрасли России // АПК: экономика, управление. 2021. № 4. С. 51-56. doi:10.33305/214-51.
14. Размер рынка точного земледелия, доля и тенденции с 2024 по 2034 годы. URL: <https://www.precedenceresearch.com/precision-farming-market> (Дата обращения 10.02.2025).
15. Минсельхоз США исследовал использование точного земледелия. URL: <https://agriecommission.com/news/minselhoz-ssha-issledoval-ispolzovanie-tochnogo-zemledeliya> (Дата обращения 10.02.2025).
16. Романцева Ю.Н., Кагирова М.В. Совершенствование цифровизации сельского хозяйства на основе опыта Канады // Экономика и управление: проблемы, решения. 2021. Т. 4. № 12. С. 47-54. doi:10.36871/ek.ur.p.r.2021.12.04.007.
17. Юхнюк П.П. Тенденции изучения современных информационно-коммуникационных технологий сельского хозяйства в странах постсоветского пространства: библиометрический анализ // АПК: экономика, управление. 2023. № 5. С. 114-126. doi:10.33305/235-114.
18. Нестеренко Н.Ю. Возможности и барьеры устойчивого развития сельского хозяйства в странах БРИКС // АПК: экономика, управление. 2023. № 12. С. 110-121. doi:10.33305/2312-110.
19. Сутыгина А.И. Агропроизводственные экосистемы и их особенности // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 7. С. 32-38. doi:10.32651/247-32.
20. Ермакова Ж.А., Спешилова Н.В., Шепель В.Н. Детерминанты кадрового обеспечения региона с учетом отраслевой специализации // Экономика региона. 2023. Т. 19. № 2. С. 355-369. doi:10.17059/ekon.reg.2023-2-5.
21. Минусинский агрохолдинг с помощью современных технологий добился рекордной

урожайности. URL: <https://sreda24.ru/index.php/novosti/aktualno/item/18245-minusinskij-agrokhodling-s-pomoshchyu-sovremennykh-tehnologiy-dobilsya-rekordnoj-urozhajnosti> (Дата обращения 20.02.2025).

22. Global Agricultural Machinery Auto Drive System Market Demand and Supply Dynamics 2025-2032. URL: <https://www.statsdata.org/report/agricultural-machinery-auto-drive-system-market-112850> (Дата обращения 20.02.2025).

23. Значимые факторы развития рынка сельскохозяйственных беспилотных летательных аппаратов в новых реалиях / Зубарев Н.Ю., Урасова А.А., Глезман Л.В. и др. // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 1. С. 139-150. doi:10.32417/1997-4868-2024-24-01-139-150.

24. Тополева Т.Н. Моделирование цифровой платформы инновационной производственной экосистемы региона // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. № 4(76). С. 135-143. doi: 10.12737/2073-0462-2024-135-143.

Сведения об авторе:

Тополева Татьяна Николаевна - кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, e-mail: tn-topoleva@mail.ru

Удмуртский филиал Института экономики Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия.

PRECISION FARMING IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE REGIONAL AGRICULTURAL SECTOR: A MANAGEMENT ASPECT

T. N. Topoleva

Abstract. Currently, the digital transformation of the Russian agricultural sector occupies a key place in the strategy of innovation-oriented economic growth. Precision farming, as a key form of implementing the digital trend in smart agriculture production, has already become widespread in countries with significant agricultural and technological potential. The forecast for the global precision farming market is projected to reach \$34 billion by 2032, with an average annual growth rate of 13.3%. For Russia, the growth potential inherent in the digital transformation of technological and management processes is particularly important in terms of ensuring food security and achieving technological sovereignty. Currently, only 10% of domestic agricultural organizations are systematically implementing digital solutions. The digital transition of agricultural holdings reaches 70-90%, while small and medium-sized enterprises and farms often lack financial, human and other resources to achieve this. In the context of heterogeneity of the level of digital transformation across regions and farm categories, and the fragmented use of precision farming technologies, the role of regional agricultural management systems is significantly increasing. The project implementation algorithm for developing a digital precision farming platform in the Udmurt Republic presented in the study includes several stages: initiation, preparation, design, implementation and monitoring. The platformization of precision farming is primarily aimed at improving the efficiency of agricultural production management in the region. Through the prism of digital solutions, in fact, not only a digital but also an economic paradigm will be implemented, as detailed process detailing, accurate accounting and analysis of data contribute to maximizing economic impact. The presented project implementation algorithm can be used as a basic methodological tool in developing a roadmap for the digital transformation of the regional agricultural sector.

Key words: precision farming, digital transformation, innovation, agricultural sector, digital technologies, platformization, regional governance.

References

1. Truflyak EV. Osnovnye elementy sistemy tochnogo zemledeliya [Basic elements of precision farming system]. Krasnodar: KubGAU. 2016; 39 p.
2. Robert PC. Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. Plant and Soil. 2002; Vol. 247. 143-149 p. doi:10.1023/A:1021171514148.
3. Mcbratney AB, Pringle MJ. Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. Precision Agriculture. 1999; 1. 125-152 p. doi:10.1023/a:1009995404447.
4. Zhang N, Wang M, Wang N. 2002. Precision agriculture – a worldwide review. Computers & Electronics in Agriculture. 2002; Vol. 36. 113-132 p. doi:10.1016/s0168-1699(02)00096-0
5. Yakushev VP, Yakushev VV, Konev AV and others. [On improving the implementation of agro-technological solutions in precision farming]. Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki. 2018; 1. 13-17 p.
6. Grits NV, Rostovtsev RA, Dichenskiy AV. [Using elements of precision agriculture to obtain climate-based crop yields in specialized crop rotations.]. Agrarnaya nauka. 2023; 10. 88-94 p. doi 10.32634/0869-8155-2023-375-10-88-94
7. Subaeva AK, Aleksandrova NR. [Theory and practice of digitalization of agriculture in the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020; Vol. 3(59). 133-138 p. doi:10.12737/2073-0462-2020-133-138.
8. Gurnovich TG, Dzetl BZ. [Precision farming as a tool for increasing the efficiency of production processes in the context of digitalization]. Delovoy vestnik predprinimatel'nykh. 2023; 4(14). 21-23 p.
9. Sergeeva NV. [Economic justification of precision farming elements]. Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2024; 5. 2-7 p. doi: 10.32651/245-2.
10. Zavivaev NS, Yakimova OYu, Mansurov AP. [Cluster analysis of the efficiency of using precision agriculture elements]. Vestnik NGIEI. 2021; 12(127). 82-94 p. doi: 10.24412/2227-9407-2021-12-82-94.
11. Neyfeld VV, Alieva DM. [Justification of the economic efficiency of using precision farming technologies (using the example of Saratov region)]. Zakonomernosti razvitiya regionalnykh agroproduktovennykh sistem. 2021; 1. 51-53 p.
12. Valiev AR, Nizamov RM, Safin RI and others. [Priorities for the development of agro-industrial complex and tasks of agricultural science and education]. Vestnik KazGAU. 2022; Vol. 17. 1(65). 97-107 p. doi:10.12737/2073-0462-2022-97-107.
13. Petukhova MS. [Forecast assessment of innovative technology markets for the Russian grain industry]. APK: ekonomika, upravlenie. 2021; 4. 51-56 p. doi:10.33305/214-51.
14. Precision farming market size, share and trends from 2024 to 2034. [Internet]. Precedence Research. [cited 2025, February 10]. Available from: <https://www.precedenceresearch.com/precision-farming-market>
15. The US Department of Agriculture has studied the use of precision agriculture. [Internet]. AgriEcoMission. [cited 2025, February 10]. Available from: <https://agriecomission.com/news/minselhoz-ssha-issledoval-ispolzovanie-tochnogo-zemledeliya>
16. Romantseva YuN., Kagirowa MV. [Improving of agriculture digitalization based on Canada's experience].

- Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2021; Vol. 4. 12. 47-54 p. doi:10.36871/ek.up.p.r.2021.12.04.007
17. Yukhnyuk PP. [Trends in the study of modern information and communication technologies in agriculture in the post-Soviet countries: bibliometric analysis]. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2023; 5.114-126 p. doi:10.33305/235-114.
18. Nesterenko NYu. [Opportunities and barriers to sustainable agricultural development in BRICS countries]. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2023; 12. 110-121 p. doi:10.33305/2312-110.
19. Sutygina AI. [Agro-production ecosystems and their features]. *Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii*. 2024; 7. 32-38 p. doi: 10.32651/247-32.
20. Ermakova ZhA, Speshilova NV, Shepel VN. [Determinants of regional human resource provision taking into account industry specialization]. *Ekonomika regiona*. 2023; Vol.19. 2. 355-369 p. doi:10.17059/ekon.reg.2023-2-5
21. Minusinsk agroholding achieved record yields with the help of modern technologies. [Internet]. Online publication "Sreda24". [cited 2025, February 20]. Available from: <https://sreda24.ru/index.php/novosti/aktualno/item/18245-minusinskij-agroholding-s-pomoshchyu-sovremennykh-tekhnologij-dobilysya-rekordnoj-urozhajnosti>
22. Global agricultural machinery auto drive system market demand and supply dynamics 2025-2032. [Internet]. [cited 2025, February 20]. Available from: <https://www.statsndata.org/report/agricultural-machinery-auto-drive-system-market-112850>
23. Zubarev NYu, Urasova AA, Glezman LV, Fedoseeva SS, Zubarev YuN. [Significant factors in the development of the agricultural unmanned aerial vehicles market in the new realities]. *Agrarnyy vestnik Urala*. 2024; Vol.24. 1. 139-150 p. doi:10.32417/1997-4868-2024-24-01-139-150.
24. Topoleva TN. [Modeling a digital platform for a regional innovative production ecosystem]. *Vestnik KazGAU*. 2024; 4 (76). 135-143 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-135-143

Author:

Topoleva Tatyana Nikolaevna – Ph.D. of Economic Sciences, senior researcher, e-mail: tn-topoleva@mail.ru
Udmurt branch of Institute of Economics of Ural Branch of the Russian Academy of Science, Izhevsk, Russia.