

Экспериментальные технологии точного земледелия как фактор цифровизации растениеводства



УДК 631.171

Применение современных цифровых технологий позволяет сформировать оптимальные почвенно-агротехнические и организационно-территориальные условия, обеспечивающие в течение всего жизненного цикла сельскохозяйственной продукции повышение производительности труда, снижение затрат на ресурсы, средства защиты, сохранение плодородия почв и защиту окружающей среды. В условиях постоянного удорожания энергоресурсов, сырья для производства минеральных удобрений и их дефицита актуален поиск путей увеличения экономической эффективности использования земельных ресурсов [1]. Одним из способов решения этой проблемы является внедрение инновационных технологий в сфере землепользования, в частности технологии точного земледелия.



Андрей Говин,
заместитель генерального
директора по научной и
инновационной работе
ОИПИ НАН Беларуси,
кандидат технических
наук, доцент;
govin@newman.bas-net.by



Владимир Клыбик,
ведущий научный
сотрудник НПЦ НАН
Беларуси по механизации
сельского хозяйства,
кандидат технических
наук, доцент;
vkk66@mail.ru



Владимир Холодинский,
заведующий
лабораторией регуляции
роста и развития растений
НПЦ НАН Беларуси по
земледелию, кандидат
сельскохозяйственных
наук, доцент;
vholodinskij@mail.ru

Аннотация. *Цифровизация растениеводства неразрывно связана с внедрением экспериментальных технологий управления продуктивностью посевов с учетом локальных особенностей внутри каждого поля с использованием наработок в сфере искусственного интеллекта, Интернета вещей, анализа больших данных, робототехники, спутниковых технологий и других инноваций и является основным фактором эффективного, экологичного и устойчивого сельского хозяйства, обеспечения продовольственной безопасности страны в условиях изменения климата и растущего мирового спроса на продовольствие. Статья посвящена поиску путей повышения потенциала почвенного плодородия и оптимизации затрат на получение урожая заданного качества на основе экспериментальных технологий точного земледелия.*

Ключевые слова: *технологии точного земледелия, управление продуктивностью посевов, цифровой сервис, системы поддержки принятия решения, способы переменного нормирования.*

Для цитирования: *Говин А., Клыбик В., Холодинский В. Экспериментальные технологии точного земледелия как фактор цифровизации растениеводства // Наука и инновации. 2025. №12. С. 76–79.*

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-12-76-79>

Термин «точное земледелие» трактуется как система или стратегия управления всеми аспектами сельскохозяйственного производства. Оперативная и достоверная оценка состояния агрокультур, наличие критической информации для своевременного проведения необходимых технологических мероприятий, формирование прогнозов урожая позволяет охарактеризовать точное земледелие как управление продуктивностью посевов с учетом локальных особенностей внутри каждого поля на базе технологий искусственного интеллекта (ИИ), Интернета вещей, анализа больших данных, робототехники, спутниковых технологий и др. [2].

Согласно отчету AgriTech Market Analysis, мировой рынок сельскохозяйственных технологий (AgriTech) к 2029 г. достигнет 54,17 млрд долл., то есть прибавит +124% по сравнению с 2023 г. Кроме того, эксперты прогнозируют, что ИИ станет частью современных агрономических практик и его применение в сельхозпроизводстве вырастет с 1,7 млрд долл. в 2023 г. до 4,7 млрд долл. к 2028 г., что свидетельствует о высоком потенциале новых интеллектуальных систем и их востребованности реальным сектором экономики [3].

Заделы в данном направлении с практической ориентацией имеются и у многих научных организаций республики. Так, в НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства еще с 2011 г. занялись разработкой отдельных элементов системы точного земледелия. В 2015-м, в рамках отраслевой научно-технической программы «Импортозамещающая продукция» совместно с Минским часовым заводом был разработан комплект оборудования и программного обеспечения системы дистанционного мониторинга машинно-тракторных агрегатов (МТА). Он включает в себя модули идентификации и телеметрический МТМ-1, топливные датчики, сервер и специализированное программное обеспечение, устанавливаемое на рабочее место специалиста. Система предназначена для определения координат местоположения, направления и скорости движения МТА. Также в режиме реального времени она позволяет определить состав агрегата, обработанную площадь и расход топлива [4].

Одновременно система может обеспечить мониторинг работы нескольких тысяч машинно-тракторных агрегатов. А это значит, есть возможность создавать районные, областные и даже республиканские инфосистемы мониторинга работы МТА. На основе полученных с ее помощью данных могут оперативно приниматься управленческие решения, позволяющие приблизить фактическую выработку

агрегатов до расчетной и обеспечить выполнение полевых работ в агротехнические сроки.

Продолжением данной работы стало изготовление совместно с предприятием «ОКБ ТСП» опытного образца бортового компьютера для тракторов Беларус 3022/3522 с навигационным модулем для определения текущих координат МТА точностью до 10 см в процессе движения на основе использования дифференцированных поправок РУП «Белгеодезия».

Бортовой компьютер позволяет контролировать более 15 эксплуатационных параметров работы трактора и осуществлять автоматическое ведение агрегата по заданной траектории с сантиметровой точностью. Проведенные исследования показали, что оптимизация режимов работы высокопроизводительных машинно-тракторных агрегатов позволит [5]:

- *экономить ресурсы;*
- *повысить урожайность и рентабельность продукции растениеводства;*
- *сократить трудозатраты на эксплуатацию;*
- *автоматизировать управление;*
- *проводить обработку полей в ночное время и при недостаточной видимости;*
- *осуществлять непрерывный контроль узлов и агрегатов, включая динамику расхода топлива и др.*

Для Республики Беларусь технологии точного земледелия имеют особое значение в силу того, что земли сельскохозяйственного назначения отличаются своеобразием агрофизических и агрохимических свойств. Поэтому внедрение новых технологий позволит повысить потенциал почвенного плодородия и снизить затраты на получение урожая заданного качества, что, в свою очередь, обеспечит более устойчивое развитие сельского хозяйства.

Для апробации технологий точного земледелия при реализации технологических карт необходимо наличие:

- *опытной базы данных, включающей количественные характеристики элементарных участков опытного поля, гидротермические сведения, показатели агрохимического анализа почвы, структуру посевных площадей, технологические возможности машинно-тракторного парка хозяйства, результаты обработки почвы, контроля качества посева зерновых культур, мониторинга урожайности на отдельных участках, карту урожайности и др.;*
- *программного комплекса системы поддержки принятия решений агронома при возделывании зерновых культур, позволяющего создавать карты полей, проводить анализ почв,*

растений и климата, планировать и управлять сельскохозяйственными операциями, который был бы основан на сервис-ориентированной архитектуре, единой базе данных, прикладном программном обеспечении, использовании современных геоинформационных систем и Web-технологий;

- систем спутникового мониторинга (например, для получения нормализованного относительного вегетационного индекса, который используется для количественной оценки и анализа здоровья растительности на определенном участке) и мониторинга на основе беспилотных летательных аппаратов (например, для получения актуальных данных об объектах и территориях с высокой детализацией);
- систем мониторинга и навигационного автоуправления (автопилот) для тракторов, картирования урожайности – для зерноуборочных комбайнов;
- систем дифференцированного внесения удобрений и пестицидов;
- метеорологических станций для определения погодных и климатических параметров, таких как температура воздуха, влажность, давление, скорость и направление ветра, количество осадков;
- цифровых сервисов с условием их бесшовной интеграции в разрабатываемую в Республике Беларусь (2025–2026 гг.) информационно-аналитическую систему «Цифровая платформа точного земледелия» [6].

Анализ составляющих процессов технологической карты позволяет определить минимальный перечень цифровых сервисов, таких как «Расчет доз дифференцированного внесения удобрений на основе элементарных участков и формирование карт-заданий», «Прогнозирование возникновения болезней зерновых культур», «Расчет доз дифференцированного внесения пестицидов и формирование карт-заданий», «Цифровой документ гидротермических данных», «Цифровой документ агрохимического анализа почвы опытного поля», «Цифровая карта кислотности опытного поля», «Цифровой документ структуры посевных площадей», «Цифровые технологические карты возделывания сельскохозяйственной культуры», внедрение которых следует осуществить в первую очередь.

К экспериментальным технологиям точного земледелия как предмету исследований и разработок, направленных на создание технологических новшеств, можно отнести программный комплекс

системы поддержки принятия решений по внедрению технологий точного земледелия при возделывании зерновых культур, а также следующие методики, методы, способы, приемы:

- актуализации цифровой модели рельефа и границ опытного поля;
- оценки внешних условий на основе датчиков автоматизированной метеорологической станции и формирования подсистемы гидротермических данных;
- отбора материала для агрохимического анализа почвы;
- мониторинга и формирования машинно-тракторного парка;
- формирования электронной технологической карты на сельскохозяйственный год;
- расчета доз дифференцированного внесения удобрений, способы формирования карт-заданий;
- переменного нормирования (дифференцированного внесения удобрений и пестицидов);
- рационального движения машинно-тракторных агрегатов при обработке почвы (на основе систем параллельного вождения и автопилотирования);
- дифференцированного посева зерновых культур;
- контроля качества посева (на основе данных системы дистанционного зондирования Земли, включая использование спутниковых снимков и данных малой авиации, беспилотных летательных аппаратов);
- прогнозирования возникновения болезней зерновых культур;
- расчета доз дифференцированного внесения пестицидов с учетом истории поля;
- формирования карт-заданий для защиты растений и карты урожайности опытного поля с учетом элементарных участков.

Хотя внедрение экспериментальных технологий сопряжено с рисками, связанными с возможными неудачами в полевых испытаниях, они открывают широкие возможности для экономического роста, устойчивого земледелия, улучшения качества жизни и др. В настоящее время ряд сельскохозяйственных предприятий республики в инициативном порядке осуществляют экспериментальное внедрение элементов точного земледелия, используя при этом преимущественно зарубежные аналоги по причине того, что отечественные интеллектуальные системы оперативной поддержки принятия решений, цифровые сервисы не предоставляют возможность реализовать все технологические операции. Комплексный подход

в применении технологий точного земледелия, цифровые технологические регламенты, методические рекомендации по их применению отсутствуют. Для решения этой задачи в рамках формирования Государственной программы «Цифровая Беларусь» Объединенный институт проблем информатики, Научно-производственный центр НАН Беларуси по земледелию, Научно-производственный центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства предлагают к реализации инновационный проект «Создание и апробация элементов точного земледелия на базе республиканского унитарного предприятия «Шипяны-АСК» Смолевичского р-на» на 2026–2027 гг. Цель проекта заключается в создании экспериментальных технологий, которые обеспечат поэтапный переход сельскохозяйственных предприятий НАН Беларуси на инновационные методы деятельности. Предполагается подготовить параметры оценки и рекомендации по включению элементов точного земледелия в технологические процессы, связанные с возделыванием зерновых культур.

Для достижения обозначенных задач предлагается разработать элементы экспериментальной технологии точного земледелия по возделыванию зерновых культур, рекомендации по их апробации в сельскохозяйственных организациях НАН Беларуси, экспериментальный образец программного комплекса поддержки принятия решений и осуществить его бесшовную интеграцию с информационно-аналитической системой «Цифровая платформа точного земледелия» (первая очередь), а также комплект проектов цифровых технологических регламентов и сборник рекомендаций по использованию элементов технологии точного земледелия.

Ожидаемый экономический эффект от реализации предложенных мер на пилотной площадке предприятия «Шипяны-АСК» – повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции за счет элементов точного земледелия, обеспечивающих сокращение материальных и трудовых затрат, снижение себестоимости и улучшение качества продукции.

Внедрение технологий точного земледелия позволяет:

- *снизить затраты на удобрения и средства защиты (экономия может составить до 30%) [7];*
- *увеличить урожайность на 10–30 %, снизить затраты на 5–15 % [8];*
- *повысить производительности труда в 4–5 раз [9].*

При этом комбинация технологий дает нелинейный синергетический эффект, для получения коли-

чественных зависимостей которого требуется проведение дополнительных научных исследований.

Таким образом, цифровизация растениеводства неразрывно связана с эволюционным внедрением технологий точного земледелия, способствует обеспечению продовольственной безопасности страны в условиях изменения климата и растущего мирового спроса на продовольствие. Это уже не просто инструмент, а ключевая инфраструктура для эффективного, экологичного и рентабельного сельского хозяйства будущего, ключевой фактор цифровой трансформации и устойчивой интенсификации отрасли, при этом вопросы доступности, интероперабельности и регуляторики остаются критическими и требуют своевременного решения. ■

■ **Summary.** Digitalization of crop production is inextricably linked with the introduction of experimental technologies for managing crop productivity, taking into account local characteristics within each field, using developments in the field of artificial intelligence, the Internet of things, big data analysis, robotics, satellite technologies, etc., and is the main factor in effective, environmentally friendly and sustainable agriculture, ensuring the country's food security in the face of climate change and the growing global demand for food. The article is devoted to the search for ways to use the potential of soil fertility and optimize the cost of obtaining a crop of a given quality using experimental precision farming technologies.

■ **Keywords:** precision farming technologies, crop productivity management, digital service, decision support systems, variable rationing methods.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-12-76-79>

Статья поступила в редакцию 23.06.2025 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мыслова Т.Н., Куцаева О.В. Внедрение точного земледелия в Республике Беларусь в контексте национальных земельных отношений: проблемы и перспективы // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. №4. С. 154–163.
2. Лужинский Д.В. Точное земледелие. Перспективы развития исследований в Беларуси / Цифровое сельское хозяйство Республики Беларусь, под общ. ред. В.Г. Гусакова. – Минск, 2024. С. 157–164.
3. Роу Д. Пять ключевых тенденций в области ИИ для АПК // <https://agrotrend.ru/news/49980-pyat-klyuchevyh-tendentsiy-v-oblasti-ii-dlya-apk>.
4. Клыбик В.К., Казаков В.В. Мониторинг машинно-тракторных агрегатов в системе точного земледелия // Наука и инновации. 2014, №10. С. 19–21.
5. В Минске выбрали лучшие проекты Республиканского конкурса инновационных проектов // https://www.gknt.gov.by/news/2017/v_minske_vybrali_luchshie_proekty_respublikanskogo_konkursa_innovatsionnykh_proektov/.
6. О внедрении технологий точного земледелия: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20.09.2024 г. №691 // илех: информ.-правовая система.
7. Кравцов С.В. Преимущества точного земледелия в Беларуси в 2025 году // <https://agronews.com/by/ru/news/technologies-science/2025-07-29/64711>.
8. Точное земледелие – современный подход к ведению сельского хозяйства // <https://eftgroup.ru/blog/raznoe/tochnoe-zemledelie>.
9. Байчорарова Д.Н., Селина Е.В., Лытнев Н.Н. Экономическая эффективность применения точного земледелия с использованием высокотехнологичной сельскохозяйственной техники // <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-effektivnost-primeneniya-tochnogo-zemledeliya-s-ispolzovaniem-vysokotehnologichnoy-sel-sko-hozyaystvennoy-te>.