

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИИ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

УДК 004.9.051:631.58



**Анатолий Такун,**  
завсектором  
управления и  
цифровизации  
Института системных  
исследований  
в АПК НАН  
Беларуси, кандидат  
экономических наук,  
доцент;  
atakun@mail.ru



**Светлана Макрак,**  
докторант,  
завсектором  
ценообразования  
Института системных  
исследований  
в АПК НАН  
Беларуси, кандидат  
экономических наук,  
доцент;  
makraksy@inbox.ru



**Светлана Такун,**  
старший научный  
сотрудник Института  
системных  
исследований в АПК  
НАН Беларуси;  
svetan1@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты исследований по обоснованию методологических положений оценки эффективности цифровых технологий в точном земледелии, которые ориентированы на наличие сквозного и накопительного эффекта при их внедрении в зависимости от этапов развития цифровой экономики.

**Ключевые слова:** точное земледелие, цифровые технологии, эффективность, управление, аграрная экономика.

**Для цитирования:** Такун А., Макрак С., Такун С. Методологические аспекты оценки эффективности цифровых технологий в точном земледелии // Наука и инновации. 2021. №3. С. 11–16.  
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-11-16>

Современный уровень инновационного развития позволяет применить в сельскохозяйственном производстве широкий спектр технологических решений, не использовавшихся ранее: геоинформационные системы (ГИС): ArcGIS, AtlasGIS (Environmental Systems Research Institut, США), AutoCAD (Autodesk, Inc., США), Intergraph (Intergraph Corporation, США), Map Info (Pitney Bowes Software, США), ERDAS (Leica Geosystems, Швейцария), а также российские – ГИС «Панорама АГРО», мобильную ГИС «ГеоПлан», ИАС «ГЕО-Агро» (ЗАО «ИЦ

Геомир»), ГИС «IndorGIS» (ООО «ИндорСОФТ»), ГИС «Geocad Systems Enterprise Edition (GSEE)» (ООО «ГЕОКАД плюс») и др.; технологии больших данных (Big Data) на основе ГИС, спутниковых снимков, дронов. С их помощью осуществляется сбор информации о фактическом расходе материальных ресурсов, их конкретных характеристиках, валовом сборе продукции, вредителях и заболеваниях, температуре, осадках и др. [14–18].

Все эти новые применительно к растениеводческой отрасли технологии зачастую объединяют под термином «точное земледелие». Ведутся споры о том, насколько эффективно либо не эффективно их

использование в сельскохозяйственном производстве. Безусловно, этот вопрос крайне актуален, но не менее важно точное определение этого понятия, что позволит четко представлять объект оценки и методики, которые могут быть для этого использованы.

Возникновение термина «точное земледелие» связывают с именем П. Роберта (США), который в 1999 г. трактовал его как «...основанную на информации и технологиях сельскохозяйственную систему менеджмента для идентификации, анализа и управления с учетом дифференцированных пространствен-

ных и временных почвенных вариаций на отдельно взятом поле с целью оптимизации затрат, повышения устойчивости агроценозов и достижения экологической стабильности производства» [17]. Нами приняты во внимание мнения следующих ученых [1, 4, 10, 13]:

- Т.М. Белавецкой, заключающейся в том, что «точное земледелие – это оптимальное управление продуктивностью посевов с учетом внутривидовой вариативности среды обитания растений»;
- Ю.Ф. Лагуца: «в основу точного земледелия положены максимально полная инфор-

мация о пространственной и временной изменчивости параметров плодородия поля и состояния растений, полученной благодаря системе позиционирования (абсолютной или относительной), а также дальнейший анализ и интерпретация для принятия оптимальных управленческих решений о дифференцированном воздействии на систему «почва – растение» с целью получения необходимого количества сельскохозяйственной продукции с требуемым качеством, минимальными затратами энергоресурсов и сохранением окружающей среды»;

■ Е.В. Труфляк, В.П. Якушевой: «термин «точное земледелие» появился как результат развития понятия «устойчивое земледелие», и основная его цель – «...максимизация урожая, финансовых выгод и минимизация вложений капитала, воздействия на окружающую среду».

Можно констатировать, что термин «точное земледелие» не связан непосредственно только с цифровыми технологиями, и в его основе лежит прежде всего экономическая парадигма – получение максимального эффекта при минимальном вложении ресурсов и наиболее полном учете особенностей отдельного земельного участка. Более того, установлена возможность и необходимость экстраполировать понятие «точное земледелие» как в прошлое, так и в будущее, что позволяет определить, что по мере своего развития земледелие становится все более «точным». Например, переход в начале XX в. от ручного сева к механизированному позволил снизить расход семян и оптимально распределять их, а в после-

Группы технологий	Содержание технологий
<b>Базовые технологии</b>	
Применение систем навигационного автоуправления	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Применение курсоуказателей</li> <li>■ Применение подруливающего устройства</li> <li>■ Применение автоматизированной системы управления</li> </ul>
Управление дифференцированными нормами	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Дифференцированная предпосевная обработка почвы</li> <li>■ Дифференцированный посев</li> <li>■ Дифференцированное внесение удобрений</li> <li>■ Дифференцированное опрыскивание</li> </ul>
Мониторинг состояния техники, растений и почв	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Спутниковый мониторинг</li> <li>■ Мониторинг при помощи дронов</li> <li>■ Агрохимический анализ почв</li> <li>■ Картирование урожайности</li> </ul>
Метеомониторинг	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ С помощью отдельных датчиков</li> <li>■ С помощью метеостанции</li> </ul>
<b>Надстроенные технологии:</b>	
<b>управление материальными ресурсами и электронная система агробизнеса в целом</b>	
SMART-системы	Модель согласованного ведения агробизнеса в условиях цифровизации и перехода к сквозному управлению ресурсами (на принципах процессного подхода) через развитие электронных экономических систем
Электронная система управления агробизнесом	Модель эффективного ведения деятельности в АПК, основанная на цифровых технологиях и связанная с электронным бизнесом на уровне национальной экономики и электронной коммерцией
Интеллектуальная система управления агробизнесом	Модель, предусматривающая перенос абсолютно всех функций и процессов ведения деятельности в АПК на единые цифровые платформы (электронное поле, электронная ферма, электронные статистические базы, электронное ценообразование на продовольствие, электронная логистическая система в АПК, электронная энергетика, электронный рынок материальных ресурсов и др.), которые в обязательном порядке синхронизируются и взаимодействуют между собой

Таблица 1. Состав цифровых технологий точного земледелия

дующем применение комбинированных сеялок дало возможность уменьшить количество удобрений и вносить их под конкретные культуры и т.д. В будущем же развитие технологий, вероятно, делает возможным и экономически выгодным проведение агротехнических мероприятий в отношении отдельных растений на поле. Таким образом, современный уровень цифровых технологий сделал их использование в точном земледелии экономически оправданным.

Нами предложено выделить два ключевых блока цифровых технологий точного земледелия: базовый и надстроенный (включая управление материальными ресурсами и электронную систему агробизнеса в целом) (табл. 1).

Вопросам оценки эффективности цифровых технологий точного земледелия уделяется значительное внимание в научной литературе. Так, отдельные аспекты методологического характера представлены в работах следующих ученых: Е.М. Бородинская, Н.В. Зось-Киор, И.В. Жуплей, А.А. Лагун, Д.А. Ломоносов, И.М. Михайленко, Н.П. Мишуrow, Д.В. Мухина, Е.А. Нестеровский, Н.В. Пильникова, Д.А. Петухов, А.О. Рада, А.А. Редкокашин, Б.А. Рунов, Е.В. Савельева, Е.В. Труфляк, Л.А. Якимова, Е.А. Федулова, И.Н. Шилова и др. Большинство авторов ориентируются на расчет эффективности базовых цифровых технологий точного земледелия через экономию и оптимизацию материальных ресурсов. Считаем данный подход обоснованным, то есть оценку следует проводить, применяя классические подходы к определению рентабельности через соотношение сумм возможных эффектов от внедрения

Возможные эффекты	Показатели (коэффициенты) количественного выражения эффекта
<b>1. Применение систем навигационного автоуправления</b>	
<p><b>Экономический:</b> экономия и оптимизация ГСМ, семян, средств защиты растений за счет сокращения площади зоны перекрытия и пропусков; повышение урожайности благодаря оптимизации норм внесения удобрений и средств защиты растений по участкам поля</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень затрат на топливно-энергетические ресурсы, на минеральные удобрения, на семена, на средства защиты растений</li> <li>• уровень урожайности</li> <li>• себестоимость</li> <li>• уровень фактической убыли продукции при хранении</li> <li>• цена реализации продукции с учетом качественных характеристик</li> </ul>
<p><b>Экологический:</b> минимизация транспортной нагрузки на почву; сбалансированное и точечное внесение средств защиты растений</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень плодородия почв</li> <li>• коэффициент интенсивности технического и технологического использования земли при проведении механизированных операций</li> </ul>
<p><b>Организационный:</b> увеличение временного ресурса техники за счет возможности работы в ночное время; экономия времени выполнения работ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коэффициент загрузки трудового коллектива</li> <li>• уровень трудозатрат (чел-ч) выполнения операций</li> <li>• коэффициент своевременности выполнения механизированных операций</li> </ul>
<p><b>Социальный:</b> снижение нагрузки на трудовой персонал</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• качественные характеристики производимой продукции</li> </ul>
<b>2. Управление дифференцированными нормами</b>	
<p><b>Экономический:</b> повышение урожайности за счет лучшей подготовки почвы, плотности семян и распределения высевов; экономия ГСМ, снижение затрат на семена; оптимизация расхода удобрений; экономия гербицидов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень урожайности</li> <li>• себестоимость</li> <li>• уровень затрат на топливно-энергетические ресурсы, на минеральные удобрения, на семена, на средства защиты растений</li> <li>• цена реализации продукции с учетом качественных характеристик</li> </ul>
<p><b>Экологический:</b> сохранение и повышение естественного плодородия пашни, полная компенсация выноса питательных веществ; снижение химической нагрузки на почву</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень плодородия почв</li> <li>• интегрированный коэффициент роста благоприятствования и сохранения почвы</li> </ul>
<p><b>Организационный:</b> учет индивидуальных характеристик почвы; уменьшение трудоемкости выполнения работ; использование качественных семян</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень трудозатрат (чел-ч) выполнения операций</li> <li>• уровень фактической убыли продукции при хранении</li> </ul>
<p><b>Социальный:</b> повышение качества продукции растениеводства; снижение нагрузки на персонал</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• качественные характеристики производимой продукции</li> </ul>
<b>3. Мониторинг состояния техники, растений и почв</b>	
<p><b>Экономический:</b> повышение урожайности за счет своевременной подкормки и химической обработки посевов, сохранение урожая</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень урожайности</li> <li>• себестоимость</li> <li>• цена реализации продукции с учетом качественных характеристик</li> </ul>
<p><b>Экологический:</b> оптимизация химической нагрузки на почву</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коэффициент оптимизации химической нагрузки на почву</li> <li>• уровень плодородия почв</li> </ul>
<p><b>Организационный:</b> определение оптимальных сроков уборки</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень потерь урожая при уборке</li> <li>• уровень фактической убыли продукции при хранении</li> </ul>
<p><b>Социальный:</b> повышение качества продукции растениеводства</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• качественные характеристики производимой продукции</li> </ul>
<b>4. Метеомониторинг</b>	
<p><b>Экономический:</b> повышение урожайности; снижение расхода материальных ресурсов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень затрат на топливно-энергетические ресурсы в разрезе их видов; на семена; на минеральные удобрения; на средства защиты растений</li> <li>• уровень урожайности</li> <li>• уровень фактической убыли продукции при хранении</li> <li>• качественные характеристики производимой продукции</li> </ul>
<p><b>Экологический:</b> предупреждение болезней и своевременный прогноз их развития; оптимизация химической нагрузки на почву и растения</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коэффициент своевременности защиты растений от болезней и вредителей</li> <li>• коэффициент оптимизации химической нагрузки на почву</li> </ul>
<p><b>Организационный:</b> проведение агротехнических мероприятий в оптимальные сроки с учетом погодных условий</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коэффициент своевременности выполнения механизированных операций</li> <li>• уровень потерь урожая при уборке</li> </ul>

Таблица 2. Возможные эффекты от применения базовых цифровых технологий точного земледелия. *Примечание: отдельные представленные показатели (коэффициенты) могут быть приемлемы для количественного выражения нескольких видов эффекта*

инновационных технологий и затрат на его осуществление. При этом в качестве возможных эффектов предлагаем выделить следующие их виды (табл. 2):

- *экономический – стоимостное выражение прироста урожайности в виде увеличения выручки и экономии затрат, снижения расхода ресурсов (семян, удобрений, ГСМ и др.) в виде уменьшения себестоимости;*
- *экологический – сокращение негативного воздействия сельхозпроизводства на окружающую среду;*
- *организационный – совершенствование организации труда, производства и менеджмента на уровне хозяйства (в том числе за счет улучшения планирования сельскохозяйственных операций);*
- *социальный – получение определенных положительных результатов для общества в целом и для трудового коллектива предприятия в частности (например, повышение качества продукции, улучшение условий труда работников и пр.).*

В затраты на внедрение определенной технологии необходимо включать суммы, идущие на приобретение машин, оборудования – мониторов, датчиков, метеостанций, подруливающих устройств и пр. – и их техническое обслуживание, создание и сопровождение баз данных, специализированное программное обеспечение, а также обучение специалистов.

Определение эффективности второго (надстроенного) блока цифровых технологий точного земледелия предусматривает их оценку более комплексно, учитывая не отдельные результаты от внедрения инноваций на конкретном предприятии, а сум-

марные эффекты на каждом этапе формирования системы их использования – от этапа применения базовых элементов до комплексной интеллектуальной системы управления агробизнесом [2, 3, 5–9, 12].

На рисунке представлена комплексная схема и методические подходы к оценке цифровых технологий и систем точного земледелия.

Научная новизна методических подходов к определению эффективности освоения цифровых технологий и систем точного земледелия заключается в следующем. Во-первых, ее обоснование разграничено с учетом стадий освоения цифровых технологий при переходе к интеллектуальным моделям управления национальной экономикой. Во-вторых, эффективность в рамках базовых технологий ориентирована на классические способы ее определения (с учетом срока окупаемости технологий), включая рациональный уровень площади пашни при возделывании культур в разрезе их видов. В-третьих, результативность в рамках базовых технологий систем точного земледелия комплексно учитывает совокупность показателей (коэффициентов) количественного выражения эффекта (для всех товарных культур). В-четвертых, впервые представлен такой показатель, как интегрированный коэффициент роста благоприятствования и сохранения почвы, который в последующем целесообразно использовать при обосновании объемов государственной поддержки в рамках профильных программ по сохранению почв.

Предложенная методология расчета адаптирована для

товарной продукции отрасли растениеводства; для учета продукции, которая остается в хозяйстве для его нужд, следует расширить и дополнить показатели эффективности с учетом затрат на корма в разрезе видов групп животных.

Также нами проведен анализ и определены основные риски по достижению высокого уровня эффективности от внедрения цифровых технологий и систем точного земледелия [16]:

- *полная зависимость от рынка интернет-ресурсов, его инфраструктуры, провайдеров, стоимости услуг;*
- *необходимость постоянного обновления и синхронизации программных средств и специальных приложений;*
- *значительные инвестиционные и технологические риски при приобретении, освоении и эксплуатации программных продуктов (например, сбои в электронной системе могут полностью парализовать первичный, бухгалтерский, управленческий учет, закупку материальных ресурсов, получение государственной поддержки при приобретении определенных видов ресурсов и др.);*
- *неготовность перехода многих специалистов аграрного профиля на автоматизацию операций и процессов в рамках функций управления, включая их переобучение;*
- *недостаточно широкий перечень учебных, учебно-методических обучающих комплексов и программ по подготовке специалистов цифрового профиля для сельского хозяйства;*
- *неполное обоснование категорий новых профессий, которые будут востребованы*

## БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

$$\text{Э-ть} = \Sigma \text{Эф.} / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}),$$

где Э-ть – эффективность от внедрения элементов точного земледелия в хозяйстве с заданным производственно-экономическим потенциалом организации;  
 Эф. – совокупный накопительный эффект, рассчитанный как сумма показателей (коэффициентов) стоимостного выражения эффективности с учетом площади, которая обслуживается системами точного земледелия;

ΣЗ – совокупные затраты на освоение систем точного земледелия, рассчитанные как сумма затрат на:

- приобретение машин и технических средств с навигационным оборудованием, возможностью автопилотирования и параллельного вождения и др.;
- затраты на техническое обслуживание элементов точного земледелия;
- затраты на подключение к спутниковым системам и их обслуживание;
- затраты на создание и обслуживание баз данных;
- затраты на обучение специалистов узкого профиля;

Дст.тех. – доход от продажи старой техники

$$\text{П} = (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}) / \Sigma \text{Эф.}_{\text{ежегод.}}$$

- где П – период окупаемости систем точного земледелия;
- ΣЭф.ежегод. – ежегодный эффект от внедрения систем точного земледелия

$$\Sigma S_{(A:N)} = \Sigma \text{Эф.}_{\text{ежегод. А}} / (\Sigma (\Delta \text{Ур-ть}_A \times \text{Пр}_A) + \dots + \Sigma (\Delta \text{Ур-ть}_N \times \text{Пр}_N) + (\Sigma \text{Ур-ть}_A \times \Delta \text{Пр}_A) + \dots + \Sigma (\text{Ур-ть}_N \times \Delta \text{Пр}_N))$$

где ΣS<sub>(A:N)</sub> – рациональная площадь пашни, позволяющая окупить систему точного земледелия, при возделывании культур в разрезе их видов (A:N);

ΣЭф.ежегод. А (N) – ежегодный эффект от внедрения систем точного земледелия при возделывании А-культуры (N-культуры);

ΔУр-ть<sub>А (N)</sub> – прирост урожайности, обусловленный применением элементов точного земледелия, при возделывании А-культуры (N-культуры) (ц/га);

ΔПр<sub>А (N)</sub> – прирост прибыли в расчете на центнер, обусловленный применением элементов точного земледелия при снижении затрат, увеличении объемов производства и росте качества продукции, при возделывании А-культуры (N-культуры)

## SMART-СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

$$\text{Э}_{\text{SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.}} = \Sigma \text{Э}_{\text{SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.}} / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}) = (\Sigma \text{Эф.} + (\Sigma \text{Эф.}_{\text{АЛЬТ.ВОЗМ.ПРОИЗ.С.Х.}} + \Sigma \text{Эф.}_{\text{АЛЬТ.ВОЗМ.ПРИОБРЕТ.М.Р.}}) \times \text{Уд.вес}_{\text{ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР МР}}) / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}),$$

где Э<sub>SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – эффективность от внедрения систем точного земледелия при функционировании Smart-модели управления материальными ресурсами;

ΣЭ<sub>SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – совокупный накопительный эффект от внедрения элементов точного земледелия при реализации Smart-модели управления материальными ресурсами;

ΣЭф.<sub>АЛЬТ.ВОЗМ.ПРОИЗ.С.Х.</sub> – эффект от выявления альтернативных возможности возделывания сельскохозяйственной продукции;

ΣЭф.<sub>АЛЬТ.ВОЗМ.ПРИОБРЕТ.М.Р.</sub> – эффект от выявления альтернативных возможности приобретения материальных ресурсов;

Уд.вес<sub>ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР МР</sub> – удельный вес затрат на точное земледелие в общих затратах на освоение элементов цифровых технологий в сельском хозяйстве в части управления материальными ресурсами

## ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АГРОБИЗНЕСОМ

$$\text{Э}_{\text{ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.}} = \Sigma \text{Э}_{\text{ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.}} / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}) = (\Sigma \text{Эф.} + \Sigma \text{Э}_{\text{SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.}} + \Sigma \text{Эф.}_{\text{АЛЬТ.РЕАЛ.С.Х.}} \times \text{Уд.вес}_{\text{ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР}}) / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}),$$

где Э<sub>ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – эффективность от внедрения систем точного земледелия при функционировании электронных систем управления;

ΣЭ<sub>ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – совокупный накопительный эффект от внедрения элементов точного земледелия при освоении электронной системы управления;

ΣЭф.<sub>АЛЬТ.РЕАЛ.С.Х.</sub> – эффект от выявления альтернативных возможности реализации сельскохозяйственной продукции;

Уд.вес<sub>ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР</sub> – удельный вес затрат на точное земледелие в общих затратах на освоение элементов цифровых технологий в сельском хозяйстве

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АГРОБИЗНЕСОМ

$$\text{Э}_{\text{ИНТ.СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АГРОБИЗНЕСОМ - ТОЧН.ЗЕМЛ.}} = (\Sigma \text{Эф.} + \Sigma \text{Э}_{\text{SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.}} + \Sigma \text{Э}_{\text{ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.}} + \Sigma \text{Э}_{\text{БАЗ ДАННЫХ}} \times \text{Уд.вес}_{\text{ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР БАЗ ДАННЫХ}}) / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}),$$

где Э<sub>ИНТ.СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АГРОБИЗНЕСОМ - ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – эффективность от внедрения систем точного земледелия при функционировании интеллектуальных систем управления;

ΣЭ<sub>БАЗ ДАННЫХ</sub> – эффект от создания баз данных состояния земельных участков, расхода материальных ресурсов, агросырья и продовольствия, поставщиков ресурсов;

Уд.вес<sub>ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР БАЗ ДАННЫХ</sub> – удельный вес затрат на точное земледелие в общих затратах на освоение элементов цифровых технологий в сельском хозяйстве при формировании баз данных

Рисунок. Комплексная система оценки эффективности от внедрения систем точного земледелия в условиях развития цифровой экономики

в условиях развития цифровой экономики;

- необходимость перепрофилирования кадрового состава в АПК;
- отсутствие доверия к электронным системам хранения данных;
- низкий уровень защищенности информации и рост кибератак;
- работа в жестких рамках единых временных и нормативно-правовых требований, не позволяющих быстро корректировать программные инструменты с учетом административно-территориальных, региональных и организационно-экономических особенностей формирования материальных затрат в подкомплексах АПК;
- высокая зависимость от разработчиков программных средств и инструментов даже в части устранения простейших ошибок ввода данных и др.

Обязательными условиями эффективности внедрения цифровых технологий и систем точного земледелия являются: упорядочивание бизнес-процессов предприятия до осуществления внедрения инновационных технологий; встраивание точного земледелия в общую систему цифровизации хозяйства и формирование единой информационной системы предприятия; подготовка кадров в хозяйствах (проведение разъяснительных бесед, экскурсии на передовые объекты и помощь практикующих специалистов, курсы подготовки и сопровождающие консультации во время внедрения); обязательная предварительная экономическая оценка и подбор наиболее эффективных цифровых технологий точного земледелия под потребности конкретного сельскохозяйственного предприятия,

а также разработка индивидуального плана внедрения.

Таким образом, результаты исследований по определению эффективности цифровых технологий в точном земледелии свидетельствуют, что по мере освоения инфраструктуры и элементов V и VI технологических укладов формируется и повышается цепная результативность использования систем

навигационного автоуправления, управления дифференцированными нормами, мониторинга состояния техники, растений и почв, метеомониторинга, которая проявляет себя не только в экономии и бережном использовании материальных ресурсов, а в создании условий и учете факторов для принятия правильных проактивных управленческих решений. ■

■ **Summary.** The article presents the results of studies on the development and substantiation of methodological provisions for assessing the effectiveness of digital technologies in precision farming, which are focused on the presence of a cross-cutting and cumulative effect from the introduction of precision farming systems, depending on the stages of development of the digital economy.

■ **Keywords:** precision farming, digital technologies, efficiency, management, agrarian economy.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-11-16>

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белавецкая Т.М. Технологии точного земледелия, их перспективы и возможности использования на мелиорированных землях // Научно-технический обзор. – М., 2009.
2. Гусаков В.Г. Вызовы «Индустрии 4.0» и «Общества 2.0», или Рассуждения по поводу новой цифровой реальности // Наука и инновации. 2019. №12. С. 4–9.
3. Ковалев И.Л., Такун А.П., Такун С.П., Костомахин М.Н. Системы корпоративного управления в сфере АПК с использованием информационных технологий и их модернизация // Главный зоотехник. – М., 2020. №2. С. 51–63.
4. Лачуга Ю.Ф. Точное земледелие и животноводство – генеральное направление развития сельскохозяйственного производства в XXI в. // 3-я науч.-практ. конф. «Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства» (16–18 июня 2004 г., Москва). – М., 2005. С. 8–11.
5. Макрак С. SMART-система управления материальными ресурсами в условиях развития циркулярной аграрной экономики в Республике Беларусь // Наука и инновации. 2020. №8. С. 54–58.
6. Макрак С. SMART-система управления материальными ресурсами в условиях развития циркулярной аграрной экономики в Республике Беларусь // Наука и инновации. 2020. №7. С. 73–78.
7. Макрак С. Цифровизация экономики как этап внедрения SMART-системы управления материальными ресурсами // Аграрная экономика. 2020. №3. С. 41–51.
8. Макрак С.В. Концептуальные основы системы управления материальными ресурсами в сельском хозяйстве // Экономика и банки. 2020. №2. С. 45–57.
9. Такун А.П., Такун С.П. Перспективные направления совершенствования системы управления сельскохозяйственными организациями Республики Беларусь // Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси. – Минск, 2020.
10. Труфляк Е.В. Основные элементы системы точного земледелия. – Краснодар, 2016.
11. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – Эксмо, 2016.
12. Шумилин А.Г. Приоритет – инновационное развитие // Беларуская думка. 2018. №11. С. 3–12.
13. Якушев В.П., Якушев В.В. Перспективы «умного сельского хозяйства» в России // Вестник Российской академии наук. 2018. Т. 88. №9. С. 773–784.
14. Digital Agriculture. Bytes against Hunger // <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2018/06/Digital-Agriculture-Point-of-View.pdf>.
15. Digital Technologies in Agriculture and rural Areas / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome, 2019. // <http://www.fao.org/3/ca4887en/ca4887en.pdf>.

Полный список использованных источников размещен

 [http://innosfera.by/2021/03/DIGITAL\\_TECHNOLOGIES](http://innosfera.by/2021/03/DIGITAL_TECHNOLOGIES)

Статья поступила в редакцию 19.02.2021