

## Разработка методики оценки эффективности внедрения цифровых технологий в агропромышленном комплексе

А. О. Рада<sup>1,\*</sup>, Е. А. Федулова<sup>1</sup>, П. Д. Косинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный  
сельскохозяйственный институт»,  
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

Дата поступления в редакцию: 29.07.2019  
Дата принятия в печать: 30.08.2019

\*e-mail: radaartem@mail.ru



© А. О. Рада, Е. А. Федулова, П. Д. Косинский, 2019

**Аннотация.** Цель исследования – разработка количественной методики для оценки разных видов эффективности внедрения цифровых технологий точного земледелия в агропромышленном комплексе (на примере предприятий растениеводства). В работе были поставлены задачи: определить основные виды эффективности и компоненты их оценки; обосновать алгоритм анализа возможностей и потребностей предприятия во внедрении цифровых технологий; определить составляющие экономического, экологического, социального эффекта, учитываемые при оценке эффективности; разработать расчетные формулы и зависимости, позволяющие количественно выразить эффект и эффективность цифровых технологий. Получена двухблочная структура методики по оценке эффективности цифровых технологий. Первый блок позволяет определить потребности и возможности по внедрению цифровых технологий, чтобы определить круг предприятий, для которых целесообразно определять эффект цифровизации. Второй блок предполагает непосредственную оценку результатов и эффективности внедрения цифровых технологий, что позволяет обосновывать управленческие решения. Определены подходы и процедуры к оценке биологического, технологического, экономического эффектов и эффективности на уровне отдельного сельскохозяйственного предприятия. Предложены конкретные расчетные зависимости, которые позволяют определить показатели рентабельности и окупаемости затрат на внедрение цифровых технологий на предприятии агропромышленного комплекса. Раскрыт методический подход к оценке публичной эффективности внедрения цифровых технологий, включая экологическую и социальную эффективность (в соответствии с требованиями парадигмы устойчивого развития сельского хозяйства по требованиям Организации Объединенных Наций). Количественно определена структура экологического эффекта от внедрения цифровых технологий. Результаты исследования могут использоваться предприятиями агропромышленного комплекса и поставщиками цифровых технологий при обосновании управленческих решений по внедрению цифровых технологий.

**Ключевые слова.** Цифровые технологии, оценка эффективности, технологическая эффективность, экономическая эффективность, публичная эффективность, агропромышленный комплекс, растениеводство

**Для цитирования:** Рада, А. О. Разработка методики оценки эффективности внедрения цифровых технологий в агропромышленном комплексе / А. О. Рада, Е. А. Федулова, П. Д. Косинский // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 495–504. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-495-504>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## New Method for Efficiency Evaluation of Digital Technologies in Agricultural Sector

A.O. Rada<sup>1,\*</sup>, E.A. Fedulova<sup>1</sup>, P.D. Kosinsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

<sup>2</sup> Kemerovo State Agricultural Institute,  
5, Markoutseva Str., Kemerovo, 650056, Russia

Received: July 29, 2019  
Accepted: August 30, 2019

\*e-mail: radaartem@mail.ru



© A.O. Rada, E.A. Fedulova, P.D. Kosinsky, 2019

**Abstract.** The paper features digital technologies in satellite farming and introduces a quantitative methodology to evaluate various types of their effectiveness. The authors determined the main types of efficiency and components of evaluation and substantiated the algorithm of analysis. The paper also contains a list of related economic, environmental, and social components, as well as a set of

formulas and dependencies. The methodology for assessing the effectiveness of digital technologies has a two-block structure. The first block determines the needs and opportunities for the implementation of digital technologies and helps to define the enterprises that may benefit from digital technologies. The second block involves a direct evaluation of the results and efficiency of the digital technologies to be implemented and substantiates management solutions. The paper describes approaches and procedures that help to assess the biological, technological, and economic benefits of digital technologies for an agricultural enterprise. The authors quantified the structure of the environmental effect of the introduction of digital technologies and introduced some dependencies can determine profitability and cost recovery indicators. The research used the methodological approach to assess the environmental and social efficiency of digital technologies for an agricultural enterprise. The approach corresponds with the requirements of sustainable agricultural development declared by the UN. The results can be used by enterprises of the agro-industrial complex and suppliers of digital technologies.

**Keywords.** Digital technologies, efficiency evaluation, technological efficiency, economic efficiency, public efficiency, agriculture, crop production

**For citation:** Rada AO, Fedulova EA, Kosinsky PD. New Method for Efficiency Evaluation of Digital Technologies in Agricultural Sector. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):495–504. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-495-504>.

## Введение

Одна из основных стратегических целей агропромышленного комплекса России и растениеводства как его базисной отрасли является широкое комплексное внедрение цифровых технологий (цифровизация) [1, 2]. Под цифровыми технологиями растениеводства в исследовании понимается система взаимодействующих между собой технических средств, программного обеспечения, информационно-управляющих систем и сетей, организационно-экономических отношений. Они позволяют на основе единой цифровой модели деятельности резко повысить эффективность и устойчивость развития растениеводства. Следует отметить, что цифровые технологии растениеводства не тождественны концепции точного земледелия. Вторая возникла значительно раньше и имеет исключительно агротехнологическое содержание. Цифровые же технологии в современных условиях представляют конкретную систему технологических средств и методов для решения задач, поставленных ранее в концепции точного земледелия.

Как показывает мировой опыт, цифровизация растениеводства обеспечивает существенный рост урожайности при одновременном снижении затрат и экологического ущерба вследствие селективного применения техники и удобрений. Это достигается благодаря наиболее рациональному, «точечному» использованию каждой единицы ресурсов (машинно-часа работы техники, килограмма внесенных удобрений) на основе большого объема информации о протекающих в почвах и растениях сложных процессах. Например, при удобрении почв и использовании ядохимикатов традиционным способом на 11 % площади поля происходит двойное превышение нормы. Растения оказываются угнетенными или получают ожог. На 15 % площади поля внесение удобрений ниже нормы приводит к снижению урожайности [3]. Следовательно, развитие растениеводства будет связано с дифференцированным, более точным внесением удобрений в соответствии с состоянием и потребностями небольших участков полей и групп растений.

К основным направлениям цифровизации растениеводства относят дистанционное зондирование

Земли со спутников и беспилотных летательных аппаратов, системы автоматизированного управления, технологии Интернета вещей, автономную сельскохозяйственную технику. При комплексной цифровизации растениеводства, на основе геоинформационных систем и дистанционного зондирования, формируется информационная основа управления агротехнологической системой с высокой детализацией, полной цифровой моделью сельскохозяйственных угодий.

Затем с использованием современных информационно-коммуникационных технологий принимаются рациональные или оптимальные решения по осуществлению агротехнологических операций. Их реализуют «умные машины» и беспилотная техника с меньшим участием человека или вообще без такового. С использованием технологий Интернета вещей при этом продолжается сбор информации, изменение цифровой модели происходящего в агроэкосистеме, корректируются воздействия на нее. Данный процесс осуществляется в полуавтоматическом или полностью автоматическом режиме.

Однако широкая цифровизация достижима лишь при условии экономической и/или публичной эффективности для отдельных сельскохозяйственных предприятий, а также регионов как субъектов социально-экономической политики. Анализ научных публикаций, а также личный опыт автора по реализации пилотных проектов внедрения цифровых технологий в ряде сельскохозяйственных организаций Кемеровской области показывает недостаток методической базы для оценки эффективности [3–5]. Отсутствуют методические разработки, отвечающие условиям отрасли и позволяющие оценить эффективность данных проектов на основании валидных данных о затратах на цифровизацию и получаемых результатах. В лучшем случае приводятся отдельные оценки по частным результатам использования цифровых технологий (экономия удобрений, семян, фонда машинного времени) [6–8]. Это определяет необходимость разработки комплексной методики для оценки эффективности внедрения цифровых технологий растениеводства. Она должна учитывать не только непосредственный экономический эффект (рост доходов, прибыли, снижение затрат), но и эко-

логические и социальные последствия. Цель исследования – разработка количественной методики оценки эффективности внедрения цифровых технологий точного земледелия в агропромышленном комплексе (на материалах предприятий растениеводства).

### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследования являются сельскохозяйственные предприятия Кемеровской области, на которых автором проводились полевые исследования, позволяющие определить и количественно оценить компоненты эффектов внедрения цифровых технологий. При выполнении исследования использованы методы системного анализа и экономико-математического моделирования.

### **Результаты и их обсуждение**

Основным результатом исследования является методика оценки эффективности внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства. Она включает два блока:

1. Определение потребностей и возможностей во внедрении цифровых технологий на предприятиях растениеводства путем анализа качественной информации, экспертных оценок и имеющихся количественных данных. Полная количественная формализация данного процесса в настоящее время не представляется возможной из-за отсутствия информации по реализации проектов цифровизации сельского хозяйства в длительной перспективе;

2. Количественная оценка эффективности внедрения выбранных цифровых технологий.

Первый блок включает в себя определение основных потребностей предприятия растениеводства в решении производственно-управленческих проблем за счет цифровых технологий, а также определение его возможностей без учета внешней поддержки. Также в рамках этого блока осуществляется подбор вариантов организации проекта внедрения цифровых технологий, если в этом возникает необходимость в ситуации недостатка возможностей одного сельскохозяйственного предприятия. Задачей данного блока является подготовка к непосредственной количественной оценке эффективности тех или иных цифровых технологий, исходя из потребностей, возможностей и реального потенциала предприятия растениеводства. Выявление и уточнение потребности предприятия в использовании данных технологий предлагается осуществлять на основе следующих критериев и показателей:

1. Обеспеченность сельскохозяйственной техникой и ее состояние. Этот фактор определяет целесообразность использования технологий цифрового планирования работ, автономного и полуавтономного вождения. Цифровизация процессов работы техники наиболее целесообразна при наличии ограниченного, но все же достаточно крупного парка, где существует возможность построения разных графиков сельскохозяйственных работ, а также маневра техникой. Так, на одном из сельскохозяйственных предприятий Кемеровской области при наличии

15,8 комбайнов (в пересчете на эталонные единицы) и нормативной потребности в 54 комбайнах (недостижимой для предприятия) с использованием данных геоинформационной системы о сроках созревания зерновых на разных участках добились более рационального составления графика уборки. Благодаря этому потери сократились на 0,4 ц с гектара;

2. Количество и сложность пространственной конфигурации сельскохозяйственных угодий, в первую очередь пашни, точность и качество планов и карт, имеющихся в распоряжении предприятия. Для многих сельскохозяйственных предприятий характерна проблема неточного знания размеров и границ посевных площадей. Это ведет либо к перерасходу горючего, семян, удобрений («затраты на несуществующие гектары»), либо к неполному использованию пашни и недополучению урожая. Наибольший эффект использование спутниковой съемки, съемки с беспилотных летательных аппаратов, использование геоинформационных систем, технологий управления логистикой и техникой дают в тех хозяйствах, где площади пашни велики, разные участки имеют сложную форму и «разбросаны» по определенной территории. В данном случае цифровые технологии позволяют с исчерпывающей точностью планировать сельскохозяйственные работы и затраты на них;

3. Абсолютные и относительные потери фактического урожая, в сравнении с плановым уровнем и средним уровнем по району и региону, вследствие нерациональных агротехнологических решений, запоздалой или неадекватной реакции на состояние посевов. По данным литературы и Аналитического центра Министерства сельского хозяйства РФ, погода определяет лишь до 25–30 % урожая зерна. Поэтому, если в ходе анализа выявляются более значительные отклонения, целесообразно применение цифровых технологий для выработки наиболее эффективной схемы агротехнологических действий. Так, в рамках анализа результатов фитосанитарного контроля с использованием беспилотных летательных аппаратов в 2018 г. на ряде сельскохозяйственных предприятий Кемеровской области были выявлены участки полей с меньшим, чем предполагается, агротехнологическим нормами, индексами развития растительности и состоянием биомассы растений. При обычном обследовании посевов эту информацию получить невозможно, т. к. обзор с поверхности земли значительно хуже, чем с воздуха, а объезд полей занимает длительное время. Предприятиями были оперативно внесены азотные удобрения, что позволило стабилизировать биомассу по всем участкам поля. В результате это позволило получить урожайность по всем рассматриваемым культурам выше среднего уровня по области и району;

4. Степень эффективности использования материально-технических ресурсов, в частности удобрений, техники, химикатов. Ее можно оценить путем сравнения стандартных показателей агротехнического уровня растениеводства (число гектаров пашни на один трактор, внесение минеральных удобрений на 1 гектар и т. п.), показателей урожайности кон-

кредитного хозяйства со средними значениями по муниципальному району, региону (это позволит нивелировать влияние погодных условий, бонитета почв). Если сельскохозяйственное предприятие при более высокой ресурсоемкости имеет такую же или более низкую урожайность, следовательно, техника и средства химизации используются недостаточно эффективно. Существует высокая потребность в цифровых технологиях. Как отмечалось выше, одно из их основных преимуществ – повышение отдачи от каждой единицы ресурса за счет точного применения.

Наличие объективных потребностей сельскохозяйственного предприятия в использовании цифровых технологий создает предпосылки к реализации проектов цифровизации. Но это не является необходимым и достаточным условием. Для осуществления цифровизации нужен также определенный уровень готовности (финансовой, организационной, кадровой и т. д.), который можно охарактеризовать как «потенциал готовности к внедрению цифровых технологий».

Оценку данного потенциала, определяющего готовность предприятия растениеводства к внедрению цифровых технологий, предлагается выполнять по следующим показателям (табл. 1). Данные показатели отражают несколько характеристик: инвестиционный потенциал предприятия, наличие кадрового потенциала, заинтересованность в цифровизации, опыт и заинтересованность в реализации совместных проектов, уровень инновационной активности.

Для того чтобы отнести конкретное сельскохозяйственное предприятие к «первой волне» цифровизации растениеводства в регионе, необходимо одновременное выполнение двух условий:

- наличие одного или нескольких критериев, определяющих потребность во внедрении цифровых технологий;
- достижение показателей готовности к цифровизации, представленных в таблице 1.

Далее необходимо определение (подбор) приоритетных цифровых технологий для первоочередного внедрения из числа названных выше. На уровне отдельных хозяйств они могут быть уточнены путем непосредственных расчетов объемов текущих затрат, инвестиционных вложений и получаемого эффекта.

Следовательно, на уровне отдельного предприятия результатом реализации первого блока методики является определение целесообразности внедрения цифровых технологий в краткосрочной перспективе. На уровне отрасли в целом – выделение сельскохозяйственных предприятий, где цифровизация может дать наибольший эффект и целесообразна государственная поддержка.

Второй блок – оценка эффекта (результата) и эффективности (отношения эффекта к затратам) внедрения конкретной цифровой технологии. При этом целесообразно разграничивать эффект и эффективность в узком и широком смысле. Под эффективностью в узком смысле в исследовании понимается экономическая (коммерческая) эффективность для конкретного сельскохозяйственного предприятия. Она выражается в снижении затрат на производство продукции растениеводства, а также росте урожайности, выручки и итоговом увеличении прибыли.

В то же время необходимо учитывать эффективность цифровых технологий в широком смысле (публичную эффективность, эффективность для общества в целом). Это требование вытекает из парадигмы устойчивого развития сельского хозяйства и сельских территорий, заложенной в документах Организации Объединенных Наций. Она требует, чтобы рост производства сельскохозяйственной продукции не приводил к сокращению возможностей ее производства в будущем, сохранялось естественное плодородие почвы; снижался экологический ущерб. Важным аспектом устойчивого развития также является повышение качества жизни жителей села,

Таблица 1. Показатели готовности предприятия растениеводства к внедрению цифровых технологий

Table 1. Indicators of readiness of a plant growing enterprise for digital technologies

Наименование показателя	Обоснование использования	Критериальный уровень готовности
1. Отношение инвестиций в основной капитал к выручке, %	Отражает инвестиционный потенциал предприятия, его заинтересованность в развитии	Выше среднего по отрасли (в частности в Кемеровской области в 2018 г., 4,5 %).
2. Удельный вес сотрудников с профильным высшим образованием (сельскохозяйственное, техническое, информатика, экономика и управление), %	Характеризует кадровый потенциал предприятия, способность персонала к внедрению и использованию новых технологий, включая цифровые	Выше среднего по отрасли
3. Опыт участия в совместных проектах с другими организациями, т. е. совместная разовая деятельность по достижению поставленных совместных целей (соглашение о совместной деятельности, совместные закупки и т. д.), да/нет	Поскольку в большинстве случаев внедрение цифровых технологий предполагает совместную деятельность, требуется опыт участия в совместных проектах	Факт наличия
4. Выраженная собственниками, руководством сельскохозяйственного предприятия заинтересованность во внедрении цифровых технологий, да/нет	Принципиальная возможность и целесообразность внедрения цифровых технологий в условиях рыночной экономики определяется владельцами и менеджментом предприятия	Факт наличия

развитие местных сообществ, укрепление продовольственной безопасности и т. д. Исходя из этого, автором предлагается рассматривать следующие виды эффектов и эффективности от внедрения цифровых технологий растениеводства:

1. Технологический эффект формируется за счет снижения затрат на производство продукции, в частности сокращения расходов удобрений, ядохимикатов, издержек, связанных с работой сельскохозяйственной техники и т. п. Тогда технологическая эффективность внедрения цифровых технологий будет измеряться через сопоставление величин снижения затрат и расходов на саму цифровизацию;

2. Биологический эффект заключается в увеличении урожайности после внедрения цифровых технологий, по сравнению с предшествующим периодом (предыдущий сельскохозяйственный год до внедрения цифровых технологий) либо другими хозяйствами района, находящимися в схожих условиях. Соответственно, биологическая эффективность характеризуется отношением выручки, полученной за счет прироста урожайности, к затратам на внедрение цифровых технологий;

3. Экономическая эффективность – соотношение результатов и затрат внедрения цифровых технологий. Складывается как сумма биологической (урожайность) и технологической (затраты) эффективности. В узком смысле экономическая эффективность рассматривается как эффективность внедрения цифровых технологий на уровне конкретного предприятия;

4. Экологическая эффективность характеризует снижение экологического ущерба, вследствие сокращения воздействия на почвы, растения, воздух и воду, в соответствии с количественными оценками накопленного и ликвидируемого экологического ущерба. Сюда же следует отнести и эффект от сохранения и восстановления естественного плодородия почвы, который можно оценить на основе данных об изменении содержания питательных веществ и стоимости удобрений, необходимых для доведения их уровня до нормы;

5. Социальная эффективность, включающая влияние цифровых технологий на доходы работников отрасли и бюджетный эффект за счет изменения налогооблагаемой базы и изменения продовольственной безопасности благодаря росту урожайности и выпуска сельскохозяйственной продукции.

Экологическая и социальная эффективность характеризуют публичную эффективность внедрения цифровых технологий с позиции интересов жителей региона, достижения целей, влияющих на качество жизни. В ситуации ограниченной частной (коммерческой) эффективности наличие дополнительной публичной эффективности позволяет дополнительно обосновать решения либо о выделении государственной поддержки, либо о создании альтернативных организационных форм (например, соглашения о совместной деятельности, коллективное пользование техникой, методы использования ресурсов из общего пула и др.) для реализации проектов цифровизации.

Рассмотрим первоначально методические аспекты оценки частной эффективности для отдельного хозяйства, т. к. в настоящее время слабо изучены и не формализованы конкретные направления экономии вследствие цифровизации. Оценка технологической эффективности цифровизации должна учитывать: снижение абсолютного и удельного расхода минеральных удобрений; снижение расхода семян; снижение абсолютного и удельного расхода средств химизации (гербициды, инсектициды и др.); снижение расхода горюче-смазочных и расходных материалов для сельскохозяйственной техники; экономию времени работы сельскохозяйственной техники (нерациональное использование фонда рабочего времени, простои на холостых оборотах); сокращение затрат на фонд оплаты труда и отчислений на социальные нужды. Поэтому технологический эффект внедрения цифровых технологий на предприятии растениеводства предлагается рассчитывать по формулам (1, 2):

$$\Delta TЗ_{nl} = ПЛ_{nc} \times (\Delta Y + \Delta C + \Delta X) + \sum_{i=1}^n \Delta MЧ_i \Delta H_i + \Delta ФОТ \quad (1)$$

$$\Delta TЗ_{TH} = \frac{\Delta TЗ_{nl}}{BC_{nl}} \quad (2)$$

где  $\Delta TЗ_{nl}$  – совокупный технологический эффект в расчете на хозяйство в целом, тыс руб.;

$ПЛ_{nc}$  – посевные площади на начало года, тыс га;

$\Delta Y$  – уменьшение удельного расхода удобрений на 1 га, руб.;

$\Delta C$  – уменьшение удельного расхода семян на 1 га, руб.;

$\Delta X$  – уменьшение удельного расхода средств химизации на 1 га, руб.;

$\Delta MЧ_i$  – снижение количества машиночасов работы  $i$ -того вида техники, часов;

$\Delta H_i$  – изменение норматива стоимости 1 машиночаса работы  $i$ -того вида техники, тыс руб./час;

$\Delta ФОТ$  – изменение фонда оплаты труда, тыс руб.;

$\Delta TЗ_{nl}$  – совокупный технологический эффект в расчете на 1 тонну продукции (зерновых), руб.;

$BC_{nl}$  – валовой сбор по плану на начало года (сезона), тонн.

Необходимо разграничивать влияние на экономику сельскохозяйственного предприятия двух разных видов эффективности – технологической в виде снижения затрат в абсолютном и относительном выражении и биологической, которая находит отражение в повышении урожайности и, соответственно, приросте выручки. Рост урожайности даже при сокращении объемов материально-технических ресурсов при применении цифровых технологий точного земледелия достигается за счет более быстрых и правильных агротехнологических решений. Это вторая компонента экономического эффекта цифровизации.

Поскольку в простейшем случае эффект от роста урожайности представляет собой произведение рыночных цен на увеличение объемов производства и продаж сельскохозяйственной продукции, по сравнению с исходным уровнем, он может быть рассчитан по формуле (3):

$$\Delta D = \sum_{i=1}^n \Delta V_i C_i \quad (3)$$

где  $\Delta D$  – изменение дохода сельскохозяйственного предприятия при внедрении цифровых технологий, тыс руб.;

$\Delta V_i$  – изменение удельной урожайности  $i$ -той культуры, тонн на га;

$C_i$  – ожидаемая (прогнозная) цена на  $i$ -тую культуру, тыс руб./тонну.

Комбинация биологического и технологического эффектов, которые при использовании цифровых технологий проявляются, как правило одновременно, позволяет оценить непосредственный экономический эффект и эффективность цифровизации. В обобщенном виде суммарный экономический эффект может быть записан как (4):

$$\Delta OPr = (TZ^0 - TZ^1) + (D^1 - D^0) \quad (4)$$

где  $\Delta OPr$  – изменение (прирост) операционной прибыли предприятия растениеводства после внедрения цифровых технологий, тыс руб.;

$TZ^0$  – текущие затраты предприятия растениеводства до внедрения цифровых технологий, тыс руб.;

$TZ^1$  – текущие затраты предприятия растениеводства после внедрения цифровых технологий, тыс руб.;

$D^1$  – доход предприятия растениеводства после внедрения цифровых технологий, тыс руб.;

$D^0$  – доход предприятия растениеводства до внедрения цифровых технологий, тыс руб.

Данный экономический эффект характеризует суммарное изменение прибыли от операционной (основной) деятельности предприятия растениеводства. Следует иметь в виду, что внедрение цифровых технологий влечет дополнительные текущие затраты и инвестиционные вложения. От этого зависит подход к оценке экономической эффективности, т. е. соотношения эффекта и затрат. В случае, если затраты на внедрение цифровых технологий относятся к категории текущих, т. е. списываются на себестоимость в течение периода, то основным методическим приемом будет сопоставление изменения прибыли и дополнительных затрат. Для полной оценки необходимо рассчитывать абсолютное и относительное соотношение (формулы 5–7):

$$\Delta Pr^{abc} = \Delta OPr - Z_{тек}^{um} \quad (5)$$

где  $\Delta Pr^{abc}$  – абсолютное изменение прибыли предприятия растениеводства после внедрения цифровых технологий, тыс руб.;

$Z_{тек}^{um}$  – суммарные текущие затраты предприятия растениеводства на внедрение цифровых технологий в текущем году, тыс руб.

Окупаемость затрат на внедрение цифровых технологий  $OZ^{um}$  предлагается определять по формуле (6):

$$OZ^{um} = \frac{\Delta Pr^{abc}}{Z_{тек}^{um}} \quad (6)$$

Рентабельность внедрения цифровых технологий  $R^{um}$  предлагается определять по формуле (7):

$$R^{um} = \frac{\Delta Pr^{abc}}{PZ_{полн}} \quad (7)$$

где  $PZ_{полн}$  – полные производственные затраты сельскохозяйственного предприятия, тыс руб.

В целом показатели (5–7) дают достаточно полную оценку эффективности внедрения цифровых технологий по мероприятиям, не предполагающим инвестиций в основной капитал. При этом в состав текущих затрат входят следующие статьи: оплата цифровых услуг, аренда техники, пользование программным обеспечением и системами поддержки принятия решений.

Другая часть мероприятий по внедрению цифровых технологий требует оценки в рамках методологии инвестиционных проектов. В этом случае речь идет о капитальных вложениях, окупаемых в течение ряда лет за счет чистого денежного потока. Для этого предлагается использовать традиционный инструментальный инвестиционный анализа. Практически все его показатели базируются на сопоставлении первоначальных инвестиций с чистым денежным потоком от реализации проекта, компонентами которого являются чистая прибыль и амортизационные отчисления. Таким образом, необходимо уточнить величины прибыли и амортизационных отчислений, образующих в совокупности чистый денежный поток. Если инвестиционные вложения (капитальные затраты) рассчитываются методом прямого счета достаточно точно, то разграничить прирост прибыли за счет текущих затрат или же инвестиционных вложений в цифровые технологии довольно сложно.

Для дифференциации прироста прибыли от текущих затрат и инвестиций автором, с учетом объективной необходимости стимулирования инвестиционной активности в отрасли и в экономике России в целом предлагается следующее методическое решение. Для определения эффективности текущих затрат на цифровые технологии сравниваются величины изменения прибыли и текущих затрат на цифровые технологии. Когда достигается значение показателя окупаемости затрат (6) больше единицы, то оставшаяся часть прироста прибыли (наряду с амортизацией) включается в состав чистого денежного потока, окупающего инвестиционные вложения.

При этом, по имеющемуся опыту реализации проектов цифровизации на 4 сельскохозяйственных предприятиях Гурьевского и Промышленновского муниципальных районов Кемеровской области в рамках текущих мероприятий, уже достигается снижение себестоимости на 7–10 % при сохранении, как минимум, исходной урожайности. При этом данное снижение себестоимости окупает текущие затраты (табл. 2).

Поэтому для стимулирования инвестиционной активности в рамках авторской методики предлагается условно, с учетом высказанных ранее содержательных соображений относить на эффект от текущих затрат 10 % от достигнутого снижения себестоимости (текущих затрат) и 5 % эффекта от прироста урожайности. Это соответствует известному на сегодняшний день эффекту от текущих мероприятий по цифровизации. Если данный эффект выше, то это результат уже реализации инвестиционных проектов. Поэтому остальная часть прироста операционной прибыли

Таблица 2. Влияние внедрения цифровых технологий на себестоимость выращивания ячменя (усредненное по 4 сельскохозяйственным предприятиям Гурьевского и Промышленновского муниципальных районов Кемеровской области, 2017 г.)

Table 2. Effect of digital technologies on the cost of barley (averaged according to the results obtained from four agricultural enterprises of the Guryevsk and Promyshlennovsk municipal districts of the Kemerovo region, 2017)

Статьи затрат	Базовый вариант (до использования цифровых технологий)		После реализации проекта		Экономия	
	На весь объем производства, тыс руб.	На 1 т ячменя, руб.	На весь объем производства, тыс руб.	На 1 т ячменя, руб.	На весь объем производства, тыс руб.	На 1 т ячменя, руб.
Арендная плата, лизинг техники	3203	278,00	3203	268,26	0	9,74
Оплата труда с начислениями	19895	1727,00	18000	1507,54	1895	219,46
Горюче-смазочные материалы	10886	945,00	7895	661,22	2991	283,78
Сырье, материалы, комплектующие	45573	3956,00	38375	3213,99	7198	742,01
в т. ч. семена	13824	1200,00	12612	1056,28	1212	143,72
пестициды	13202	1146,00	9863	826,05	3339	319,95
удобрения	18547	1610,00	15900	1331,66	2647	278,34
Налоги, включаемые в себестоимость сельскохозяйственной продукции	641	55,67	641	53,69	0	1,98
Амортизационные отчисления	4955	430,12	4955	414,99	0	15,13
Прочие затраты (в т. ч. общепроизводствен- ные, общехозяйственные)	23558	2045,00	23558	1973,03	0	71,97
Затраты исходные без учета использования цифровых технологий	108816	9445,79	96627	8092,71	12189	1353,08
Обследование с использованием беспилот- ных летательных аппаратов	0	0,00	750	62,81	-750	-62,81
Инжиниринговые услуги	0	0,00	250	20,94	-250	-20,94
Всего затрат	108816	9445,79	97727	8184,84	11089	1260,95

будет относиться к чистому денежному потоку, окупающему инвестиционные вложения.

Следовательно, при осуществлении инвестиций в основной капитал, наряду с текущими затратами на цифровизацию и экономическую эффективность, предлагается оценивать по следующим формулам. Для определения окупаемости текущих затрат  $OZ_{тек}^{ум}$  (отдача от текущих вложений в цифровые технологии на 1 руб. затрат) используется формула (8):

$$OZ_{тек}^{ум} = \frac{0,1(TZ^0 - TZ^1) + 0,05(D^1 - D^0)}{Z_{тек}^{ум}} \quad (8)$$

Величина  $OZ_{тек}^{ум}$  показывает, сколько рублей дополнительной операционной прибыли в течение года получает предприятие растениеводства на 1 рубль текущих затрат по цифровизации.

Чистый денежный поток, полученный за счет инвестиционных вложений во внедрение цифровых технологий  $ЧДП_{инт}$ , будет рассчитываться по формуле (9):

$$ЧДП_{инт} = 0,90(TZ^0 - TZ^1) + 0,95(D^1 - D^0) + A_{инт}^{oc} \quad (9)$$

где  $A_{инт}^{oc}$  – амортизационные отчисления по основным средствам, приобретенным для реализации проектов внедрения цифровых технологий, тыс руб.

Данное значение чистого денежного потока будет использоваться для оценки эффективности проектов внедрения цифровых технологий с инвестициями в основной капитал на основе традиционных показателей (индекс прибыльности, чистая текущая стоимость проекта и т. д.).

Рассмотрим далее оценку публичной эффективности цифровых технологий в растениеводстве, в первую очередь – экологической. Экологический эффект внедрения цифровых технологий складывается из следующих компонентов: снижение химического загрязнения почв и воздуха удобрениями, ядохимикатами; снижение выбросов парниковых газов; снижение выбросов от работы двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники; снижение некомпенсируемого выноса питательных веществ.

Дать исчерпывающую стоимостную оценку всем этим категориям экономического ущерба в настоящее время нельзя потому, что не в полной мере разработаны количественные оценки экологического вреда по различным загрязняющим веществам, а именно пестицидам. Имеющиеся методические и научные разработки посвящены преимущественно оценке ущерба от вновь допущенного загрязнения земель через снижение урожайности и от изъятия земель. Кроме того, для оценки ущерба предполагается использование величины полных затрат на восстановление, что практически никогда не встречается на практике.

В работе О. В. Ударцевой получен ряд экономических оценок снижения экологического ущерба, благодаря сокращению использования пестицидов, в частности при сокращении их использования на 13 % наблюдается предотвращенный ущерб в размере 187,5 тыс руб. на 1000 га [9]. Данный показатель может быть принят в качестве ориентира, поскольку снижение внесения пестицидов при использовании

цифровых технологий точного земледелия на первом этапе оценивается минимум в 10–15 %. Что касается парниковых газов, то в качестве оценки целесообразно принять современную ставку на тонну CO<sub>2</sub> в Европейском союзе (около 22 евро или около 1560 руб.). Вред от использования двигателя внутреннего сгорания как продуцента выброса твердых и газообразных загрязняющих веществ может быть принят как ущерб от единицы топлива в зависимости от места сжигания. Для сельскохозяйственных территорий он оценивается как 430 руб. на тонну бензина и 410 руб. на тонну дизельного топлива (с учетом дефляторов) [10, 11].

Ущерб от сокращения выноса питательных веществ может быть оценен следующим образом. Как известно, существуют нормативы содержания питательных веществ в почве в рамках системы земледелия региона под различные культуры. В большинстве случаев фактическое содержание питательных веществ ниже. Следовательно, доведение до нормы потребует внесения определенного объема удобрений с примерно известными ценами. Тогда оценка эффекта от использования цифровых технологий для удобрения пашни включает определение содержания питательных веществ «до» и «после», а затем расчет оптимального количества удобрений для компенсации дефицита.

Таким образом, измеримая в стоимостном выражении часть экологического эффекта от внедрения цифровых технологий растениеводства  $\mathcal{E}_{cm}$  может быть определена по формуле (10):

$$\mathcal{E}_{cm} = 1,56 \cdot \Delta B_{nz} + 0,43 \cdot \Delta B + 0,41 \cdot \Delta DT + 180 \cdot ПЛ + \sum_{i=1}^n C_i \cdot СПВ_j \cdot \Delta ДПВ_j \quad (10)$$

где  $\Delta B_{nz}$  – снижение выбросов парниковых газов при переходе на цифровые технологии земледелия, тонн;  
 $\Delta B$  – уменьшение массы сожженного бензина, тонн;  
 $\Delta DT$  – уменьшение массы сожженного дизельного топлива, тонн;

$ПЛ$  – площадь обрабатываемых с использованием цифровых технологий земель, тыс га;

$C_i$  – цена  $i$ -того вида удобрений, тыс руб. за 1 тонну;

$СПВ_j$  – содержание  $j$ -того питательного вещества в  $i$ -том виде удобрений, долей единицы;

$\Delta ДПВ_j$  – изменение дефицита  $j$ -того питательного вещества после перехода к цифровым технологиям земледелия, тонн.

Данная оценка показывает наиболее значимую величину снижения экологического ущерба благодаря снижению воздействия на окружающую среду.

Что касается социальной эффективности внедрения цифровых технологий, то в качестве основных прямых эффектов необходимо рассматривать: увеличение налогооблагаемой базы и поступлений в бюджетную систему; рост самообеспеченности страны (региона) продовольствием, повышение уровня продовольственной безопасности; развитие человеческих ресурсов, человеческого капитала сельского хозяйства (уровень компетенций, оплата труда, расширение сферы достойного труда). Остановимся на фискальном эффекте.

Для конкретных расчетов целесообразно рассматривать наиболее значимые виды налогов, уплачиваемые по виду экономической деятельности «Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях»:

1) налог на прибыль и единый сельскохозяйственный налог (ЕСХН) в связи с тем, что цифровизация обеспечивает увеличение прибыли сельскохозяйственного предприятия;

2) налог на добавленную стоимость (НДС), вследствие изменения выручки, обусловленной, как отмечалось ранее, приростом урожайности (обычно сельскохозяйственные организации пользуются возвратом НДС в силу отсутствия сырья и использованием льготной ставки по «выходному» НДС в размере 10 %, тогда как ресурсы приобретаются со ставкой 20 %);

3) налог на доходы физических лиц (НДФЛ), т. к. внедрение цифровых технологий обычно сокращает потребность в персонале и ведет к изменению фонда оплаты труда;

4) налог на имущество, в случае, если предприятие при внедрении цифровых технологий приобретает соответствующие активы

Можно предложить следующую формулу для приближенного расчета фискального эффекта цифровизации  $\Phi_s^{CH}$  при использовании специальных налоговых режимов (11):

$$\Phi_s^{CH} = 0,06 \Delta ОПр + 0,1(D^1 - D^0) + 0,13 \Delta B_{фот} \quad (11)$$

где  $\Delta ОПр$  – изменение (прирост) операционной прибыли предприятия растениеводства после внедрения цифровых технологий, тыс руб.;

$D^1$  – доход предприятия растениеводства после внедрения цифровых технологий, тыс руб.;

$D^0$  – доход предприятия растениеводства до внедрения цифровых технологий, тыс руб.

$\Delta B_{фот}$  – изменение выплат из фонда оплаты труда после внедрения цифровых технологий, тыс руб.

При использовании общей системы налогообложения предлагается использовать формулу (12):

$$\Phi_s^{OC} = 0,2 \Delta ОПр + 0,1(D^1 - D^0) + 0,13 \Delta B_{фот} + 0,022 \Delta OC_{um} \quad (12)$$

где  $\Delta OC_{um}$  – прирост стоимости основных средств в связи с реализацией инвестиционных проектов по внедрению стоимости цифровых технологий, тыс руб.

В качестве примера приведем данные расчетов автора по фискальному эффекту от проекта цифровизации зернового подкластера Кемеровской области с использованием формул (11, 12) (табл. 3).

Как видно из данных таблицы 3, расчет по формулам (11, 12) дает величину непосредственного фискального эффекта, т. е. изменение величины поступлений в консолидированный и региональный бюджеты. Наряду с этим, существует мультипликативный эффект от внедрения цифровых технологий (в частности, создание новых рабочих мест, налогооблагаемой базы в смежных отраслях, обслужива-



Таблица 3. Фискальный эффект проекта цифровизации зернового подкластера Кемеровской области

Table 3. Fiscal effect of the digitalization project on the grain subcluster of the Kemerovo region

	Всего	При использова- нии специальных налоговых режимов	При использо- вании общей системы нало- гообложения	Поступление налогов	
				бюджет субъекта РФ и местный	федеральный
Изменение операционной прибыли участников проекта, тыс руб.	90628	63439	27189	–	–
Налоговый эффект от изменения операционной прибыли (налог на прибыль, ЕСХН), тыс руб.	9244	3806	5438	8428	816
Изменение дохода участников проекта, тыс руб.	56650	39655	16995	–	–
Налоговый эффект от изменения дохода участников проекта (НДС), тыс руб.	3683	1983	1700	–	3683
Изменение затрат на оплату труда, тыс руб.	–7604	–7604	–7604	–	–
Налоговый эффект от изменения фонда оплаты труда (НДФЛ), тыс руб.	–989	–989	–989	–841	–148

ющих цифровизацию), который в настоящее время недостаточно изучен и оценен. Тем не менее, если при оценке целесообразности и результативности государственной поддержки проектов цифровизации сельскохозяйственных предприятий учитывать также и фискальный эффект, это может стать дополнительным аргументом в пользу концентрации средств на внедрении цифровых технологий.

#### Выводы

При оценке эффективности внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства необходимо определить потребность в них, потенциал готовности к внедрению, а также эффект и эффективность цифровизации. В соответствии с этой логикой разработана методика оценки эффективности, включающая определение потребностей предприятия растениеводства во внедрении цифровых технологий,

характеристику потенциала готовности к цифровизации, собственно оценку эффективности, что позволяет обосновывать управленческие решения. Выделен ряд видов эффективности – технологическая, биологическая, экономическая, экологическая и социальная, по каждой из которых предложены подходы и процедуры оценки. В целом анализ всех видов эффективности позволяет определить затраты и результаты внедрения цифровых технологий не только для одного сельскохозяйственного предприятия, но и региона. При этом следует учитывать наличие многообразных публичных эффектов, которые не всегда можно исчерпывающе оценить в количественном выражении, но благоприятно сказываются на развитии агропромышленного комплекса и территории в целом.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

1. Козубенко, И. С. Точное земледелие и Интернет вещей / И. С. Козубенко // *Техника и оборудование для села*. – 2017. – № 11. – С. 46–48.
2. Кемеровская область: старые проблемы и новое будущее / А. Ю. Просеков, Е. А. Федулова, А. О. Рада [и др.] // *ЭКО*. – 2018. – Т. 533, № 11. – С. 47–62. DOI: <http://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2018-11-47-62>.
3. Дифференцированное внесение удобрений в точном земледелии / В. И. Балабанов, Е. В. Березовский, А. И. Беленков [и др.] // *Фермер. Поволжье*. – 2016. – Т. 44, № 2. – С. 61–63.
4. Храмов, И. Ф. Повышение конкурентоспособности зернового производства на основе ресурсосбережения в Западной Сибири / И. Ф. Храмов, Б. С. Кошелев // *Зерновое хозяйство России*. – 2015. – № 2. – С. 67–70.
5. О совершенствовании реализации агротехнологических решений в точном земледелии / В. П. Якушев, В. В. Якушев, А. В. Конев [и др.] // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2018. – № 1. – С. 13–17.
6. Оборин, М. С. Технологии цифровой экономики в развитии сельского хозяйства / М. С. Оборин // *Друкерровский вестник*. – 2018. – № 2. – С. 68–72. DOI: <http://doi.org/10.17213/2312-6469-2018-2-68-72>.
7. Точное земледелие / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубилин, В. Э. Буксман [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2015. – 376 с.
8. Якушев, В. П. Цифровые технологии точного земледелия в реализации приоритета «умное сельское хозяйство» России / В. П. Якушев // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2019. – № 2. – С. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrnsn/2019/2/11-15>.
9. Ударцева, О. В. Повышение экологической безопасности технологического процесса внесения пестицидов в сельскохозяйственном производстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Ударцева Ольга Владимировна. – Барнаул, 2016. – 34 с.
10. Бакатин, Ю. П. Безопасность дорожных машин / Ю. П. Бакатин, С. В. Стеблецкий. – М. : Московский автомобильно-дорожный институт, 2009. – 66 с.


11. Голубева, А. С. Экологическая безопасность эксплуатации автотранспорта / А. С. Голубева, Е. Р. Магарил. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2015. – 26 с.

## References

1. Kozubenko IS. Precision Farming and Internet of Things. Machinery and Equipment for Rural Area. 2017;(11):46–48. (In Russ.).
2. Prosekov AYu, Fedulova EA, Kononova SA, Rada AO, Alabina TA. Kemerovo Region-2035: Old Problems and a New Future. ECO Journal. 2018;533(11):47–62. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2018-11-47-62>.
3. Balabanov VI, Berezovskiy EV, Belenkov AI, Zhelezova SV. Differentsirovannoe vnesenie udobreniy v tochnom zemledelii [Differentiated fertilizer application in satellite farming]. Fermer. Povolzh'e [Farmer. Volga region]. 2016;44(2):61–63. (In Russ.).
4. Khramtsov IF, Koshelev BS. Improving of the competitiveness of grain production based on resource saving in Western Siberia. Grain Economy of Russia. 2015;(2):67–70. (In Russ.).
5. Yakushev VP, Yakushev VV, Konev AV, Matveenko DA, Chasovskih SV. About perfectioning of the agrotechnological solutions realization in the precision farming. Vestnik of the Russian agricultural science. 2018;(1):13–17. (In Russ.).
6. Oborin MS. Digital economy technologies in agriculture development. Drukerovskiy vestnik. 2018;(2):68–72. (In Russ.).
7. Truflyak EV, Trubilin EI, Buksman VEh, Sidorenko SM. Tochnoe zemledelie [Satellite farming]. Krasnodar: I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University; 2015. 376 p. (In Russ.).
8. Yakushev VP. Digital technologies of precision farming in implementation of smart farming priority of Russian. Vestnik of the Russian agricultural science. 2019;(2):11–15. (In Russ.).
9. Udartseva OV. Povyshenie ehkologicheskoy bezopasnosti tekhnologicheskogo protsessa vneseniya pestitsidov v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Improving the environmental safety of the pesticide application process in agriculture]. Dr. eng. scfi. dffs. Barnaul: Polzunov Altai State Technical University; 2016. 34 p.
10. Bakatin YuP, Stebletskiy SV. Bezopasnost' dorozhnykh mashin [Road safety]. Moscow: Moscow Automobile and Road Construction State University; 2009. 66 p. (In Russ.).
11. Golubeva AS, Magaril ER. Ehkologicheskaya bezopasnost' ehkspluatatsii avtotransporta [Environmental safety of vehicle operation]. Ekaterinburg: Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yelsin; 2015. 26 p. (In Russ.).

### Сведения об авторах


#### Рада Артём Олегович

аспирант кафедры финансов и кредита, Директор Центра компьютерного инжиниринга, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 58-57-97, e-mail: [radaartem@mail.ru](mailto:radaartem@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7678-8402>

#### Федулова Елена Анатольевна


д-р экон. наук, доцент, заведующая кафедрой финансов и кредита, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

#### Косинский Петр Дмитриевич

д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры гуманитарно-правовых дисциплин, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5  
 <https://orcid.org/0000-0001-6396-2424>

### Information about the authors


#### Artem O. Rada

Aspirant of the Department of Finance and Credit, Director of the Center for Computer Engineering, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 58-57-97, e-mail: [radaartem@mail.ru](mailto:radaartem@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7678-8402>

#### Elena A. Fedulova

Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, Head of the Department of Finance and Credit, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

#### Petr D. Kosinskiy

Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, Professor of the Department of Humanitarian and Legal Disciplines, Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia  
 <https://orcid.org/0000-0001-6396-2424>