

Обзор  
Review

УДК 338.43

DOI: 10.18413/2408-9346-2023-9-3-0-6

Ермаков С. А.

Основные тенденции развития и экономическая  
эффективность технологий орошения

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный Университет», Ярославское шоссе, 26, Москва 129337, Россия  
*e-mail: ermakov200882@mail.ru*  
ORCID 0000-0002-9158-8801

*Статья поступила 24 июля 2023 г.; принята 27 августа 2023 г.;  
опубликована 30 сентября 2023 г.*

**Аннотация.** Целью исследования является оценка экономической эффективности широкого внедрения новых технологий в деятельность фермерских хозяйств, в ирригации, в частности. В статье собран и проанализирован материал по оценке эффективности инновационной деятельности, в частности, точного орошения. В процессе выполненного литературного обзора был использован метод системного анализа, абстрагирование, индукция и дедукция. Рассмотрен ряд тенденций мелиорации, связанный с цифровизацией, искусственным интеллектом, новыми технологиями и эффективным управлением. Основной тренд – цифровизация – подразумевает применение данных дистанционного зондирования Земли, цифрового инструментария, автоматизации и интеллектуализации. Современное ирригационное оборудование, внедрение Интернета вещей и роботизированной системы интеллектуального управления оросительным комплексом решат ряд задач, стоящих перед мелиорацией. Эффективность системы информационного обеспечения ирригации предполагает осуществление детального анализа различных аспектов эффектов и расчёта критериев и показателей. Проблемы применения новых технологий вызваны отсутствием квалифицированных специалистов, высокой стоимостью оборудования и программных продуктов, несовместимостью различных данных и систем. В работе представлен обзор подходов и методов оценки экономической эффективности орошения.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы ирригации; оценка эффективности цифровизации

**Для цитирования:** Ермаков С. А. Основные тенденции развития и экономическая эффективность технологий орошения // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2023. 9 (3). С. 78-88. DOI: 10.18413/2408-9346-2023-9-3-0-6

UDC 338.43

Stanislav A. Ermakov

**The main trends in the development and economic efficiency of irrigation technologies**

National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
26, Yaroslavskoe Highway, Moscow 129337, Russia  
e-mail: [ermakov200882@mail.ru](mailto:ermakov200882@mail.ru)  
ORCID 0000-0002-9158-8801

**Abstract.** The purpose of the study is to assess the economic efficiency of the wide implementation of new technologies in the activities of farms, in irrigation in particular. The article collects and analyzes the material on the evaluation of the effectiveness of innovative activities, precision irrigation in particular. In the process of performing the literary review, the method of system analysis, abstraction, induction and deduction was used. The article discusses a number of land reclamation trends related to digitalization, artificial intelligence, new technologies and effective management. The main trend – digitalization – implies the use of a database, digital tools, automation and intellectualization. Advanced irrigation equipment and the introduction of the Internet of Things and the robotic intelligent control system of the irrigation complex will solve a number of problems facing land reclamation. The effectiveness of information supply system of land reclamation involves a detailed analysis of various aspects of the effects and calculation of criteria and indicators. The problems of applying new technologies are caused by the lack of qualified specialists, the high cost of equipment and software products, the incompatibility of various data and systems. The paper presents an overview of approaches and methods for assessing the economic efficiency of irrigation.

**Keywords:** intelligent irrigation systems; estimation of the efficiency of digitalization

**For citation:** Ermakov S. A. (2023), “The main trends in the development and economic efficiency of irrigation technologies”, *Research Result. Business and Service Technologies*, 9 (3), pp. 78-88, DOI: 10.18413/2408-9346-2023-9-3-0-6

**Введение (Introduction).** Современный агропромышленный комплекс невозможен без использования передовых технологий. Одним из ключевых направлений повышения продуктивности аграрного сектора являются новые подходы в мелиорации, они позволяют повысить урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Сегодня в этой сфере наблюдается ряд тенденций, связанных с цифровизацией, искусственным интеллектом, новыми технологиями и эффективным управлением (Загоровская, 2020; Куприяновский, 2016; Шпорер, 2022; Юрченко, 2021; Al Nabsi, 2017).

С одной стороны, к 2030 г. водоснабжение будет на 40% меньше

необходимого уровня для удовлетворения мировых потребностей в воде, тогда как растущие затраты на энергоносители, рабочую силу, удобрения и пестициды уже влияют на норму прибыли (Goedde, 2020). С другой стороны, рынок технологий с использованием искусственного интеллекта в сельском хозяйстве вырастет с 1,7 млрд долл. в 2023 г. до 4,7 млрд долл. к 2028 г.; стоимость приложений для точного земледелия в 2022 г. оценивалась в 542 млн долл. и по прогнозам достигнет значения в 1432 млн долл. к 2028 г., показав трехкратное повышение. Ожидается, что рынок продуктов искусственного интеллекта на основе технологий компьютерного зрения будет иметь самый

высокий среднегодовой темп роста. США займут наибольшую долю на рынке к 2028 г., где на первых позициях будет располагаться аналитика с помощью беспилотных летательных аппаратов и точное земледелие (Artificial Intellegance in Agriculture Market, 2022). Также современными трендами являются применение Интернета вещей, дистанционно управляемых транспортных средств, искусственного интеллекта (Smart Agriculture Market, 2022).

Однако внедрение цифровизации в сельскохозяйственное производство связано с рядом проблем, вызванных в том числе отсутствием квалифицированных специалистов, высокой стоимостью оборудования и программных продуктов.

Для решения задач мелиорации в сельском хозяйстве необходимо использовать современное ирригационное оборудование, а также внедрять системы Интернета вещей и интеллектуального управления оросительным комплексом (Ирригационное оборудование, 2021; Колганов, 2020; Соловьев, 2021; Al Habsi, 2017). Требования к дождевальной технике, касающиеся качества технологического процесса полива, такие: продолжительное воздействие на растения и почву малой интенсивности, управление водным режимом почвы, превентивные меры во избежание засоления, заболачивания и эрозии почвы, осуществимость дробного внесения норм полива.

Особый интерес вызывает опыт США, где более 60% фермеров используют передовые технологии мелиорации, там активно внедряются информационно-советующие системы и роботизированное оборудование.

При этом особо важно учитывать потенциал конкретного района. Например, необходимо анализировать использование мелиоративной техники с учётом особенностей почв, климатических условий и других факторов.

Для оценки эффективности системы информационного обеспечения в аграрном секторе используется ряд критериев,

выделяют три вида эффекта – прямой, непрямой и индуцированный, а также рассматривают эффекты первого, второго и третьего рода. В каждом случае эффективность цифровизации сельского хозяйства может проявляться по-разному, что требует детального анализа и расчёта показателей.

Все указанные технологии и инновации позволяют повысить эффективность орошения, сделать его экономически выгодным и значительно улучшить качество аграрной продукции и повысить продуктивность в сельском хозяйстве.

**Цель исследования (The aim of the work).** Целью исследования является оценка экономической эффективности внедрения новых технологий в деятельность фермерских хозяйств, в ирригации, в частности.

**Материалы и методы исследования (Materials and Methods).** В процессе исследования был использован метод системного анализа, абстрагирование, индукция и дедукция, были изучены научные работы по новым технологиям в ирригации.

Так, в отчёте НИР (Колганов, 2020) уделяется внимание анализу использования мелиоративной техники и обзору существующих инновационных систем управления и энергоснабжения, формированию концепции дождевальной машины, разрабатывается проект роботизированного оросительного комплекса с интеллектуальной системой управления и энергоснабжения. В статье (Оборин, 2019) объясняют препятствия для быстрого развития и внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве, необходимые изменения в законодательстве и нормативно-правовой системе, а также построена модель эффективного управления сельским хозяйством. Известны основные этапы развития инновационной деятельности в АПК на примере промышленных революций, методические подходы к оценке экономической эффективности иннова-

ционной деятельности, показатели оценки такой эффективности.

Наконец, публикация (Годин, 2020) рассматривает возможности использования и препятствия реализации технологий ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство», барьеры на пути цифровизации сельского хозяйства России.

В этих работах подтверждено, что одной из основных тенденций является цифровизация, в том числе и в орошении. Данные дистанционного зондирования Земли, цифровой инструментарий, автоматизация и интеллектуализация, системы поддержки принятия решений, искусственный интеллект в орошении – все эти элементы помогают сделать сельское хозяйство более эффективным. С помощью технологий машинного обучения и анализа больших данных можно производить расчёты оптимальных вариантов полива в режиме реального времени и повышать качество урожая. Становится все более востребованным и эффективным управление ирригацией и мелиорацией: важно сотрудничество между специализированными областями и производителями, чтобы создавать интегрированные системы, обеспечивающие максимальную производительность и экономическую выгоду. Разрабатываются новые технологии мелиорации и ирригации, такие как капельное орошение, которое позволяет точно дозировать воду и сэкономить до 60% водных ресурсов по сравнению со стандартными системами.

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой информационную технологию, позволяющую создавать вычислительные модели, способные обучаться и решать сложные задачи, находящие широкое применение в различных областях жизни. ИИ является новым инновационным подходом в различных сферах деятельности, который становится все более актуальным и востребованным. Так, в робототехнике он позволяет создавать умные роботы, которые могут работать в сложных условиях. Управление полётом

летательных аппаратов стало более безопасным, в агрономии и метеорологии искусственный интеллект помогает предсказывать явления природы, ИИ может быть незаменимым помощником в управлении водными ресурсами и почвой. Современные технологии позволяют собирать и анализировать данные о погодных условиях, земле, состоянии растительности. Искусственный интеллект используется для принятия решений по ведению орошения, внесения удобрений, выращиванию и сбору урожая.

Одним из примеров является применение беспилотных летательных аппаратов и использование *IoT*-датчиков для сбора информации о почве, влажности и качестве продукции растениеводства. Это помогает определить, какие участки земли нуждаются в большем удобрении, как требуется распределять орошение, чтобы избежать пересыхания или застоя воды. Другой пример – использование ИИ в прогнозировании водопотребления и определении оптимального режима ирригации, что позволяет снизить расходы на воду и сократить негативное воздействие на окружающую среду.

Благодаря тому, что ИИ способен быстро анализировать множество факторов, он может принимать точные и обоснованные решения в условиях быстро меняющихся погодных и климатических условий. Так, в работе (Biswas, 2021) рассматривается проект, направленный на автоматизацию сельскохозяйственной системы путем внедрения множества *IoT*-датчиков, которые позволят измерять температуру, влажность почвы и водопотребление. С помощью машинного обучения представляется возможность определить прогнозируемое количество воды для каждого участка поля, что является одним из основных принципов точного земледелия. *IoT*-датчик влажности почвы, позволяющий контролировать содержание влаги в почве, действует следующим образом: при достижении установленного порога насос запускается автоматически через микроконтроллер.

Благодаря такой системе ухода за почвой и растениями можно улучшить качество урожая. Была создана модель, способная прогнозировать засуху по стандартизированному индексу осадков-испарения и контролировать воду и почву с помощью ИИ (Biswas, 2021).

К качеству технологического процесса полива, которому должна удовлетворять дождевальная техника на современном этапе, предъявляется ряд требований, касающихся продолжительности полива, управления влажностью почвы, принятия мер при засолении почвы или её эрозии, внесения норм полива (Колганов, 2020).

Отдельно следует отметить системы управления дождевальной техникой ведущих мировых производителей – *Valley ICON Valmont Industries, Inc.* (США), *Lindsay Zimmatic* (США)<sup>1</sup>, *Reinkey RPM*. Также разрабатываются новые системы

энергоснабжения дождевальных машин на основе возобновляемых источников энергии (Колганов, 2020).

#### Результаты исследования и их обсуждение (Results and Discussion).

Эффективность – одно из ключевых понятий в бизнесе и управлении. Эффективность может быть разбита на три составляющих: техническая (производственная), экономическая и экологическая (рис. 1). Техническая эффективность проявляется в повышении производительности сельскохозяйственных процессов, рациональном ведении производства и повышении качества продукции. Экономическая же оценивается через увеличение доходов от реализации продукции, сокращение издержек и оптимизацию товарных цепочек. Экологическая эффективность охватывает снижение вредных воздействий на окружающую среду и повышение устойчивости сельскохозяйственных процессов в будущем.

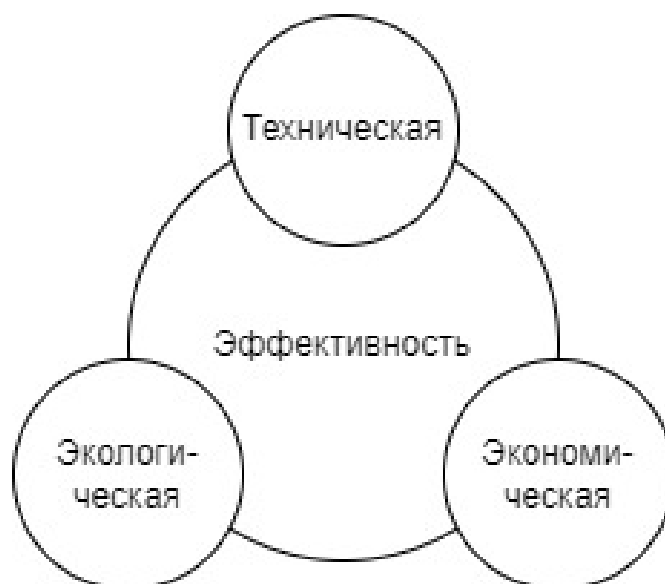


Рис. 1. Структура эффективности  
Fig. 1. Efficiency structure

<sup>1</sup> *Lindsay Zimmatic* URL:  
<https://www.lindsay.com/euas/ru/oroshenie/brendy/zimmatic/> (Дата обращения: 12.04.2023)



Внедрение инноваций в сельское хозяйство должно удовлетворять комплексу критериев: технической доступности, экономической целесообразности, экологической и кадровой доступности (Оборин, 2019).

Важно учитывать и другие аспекты экономической эффективности, такие как прямые эффекты, выражающиеся в изменении производительности благодаря внедрению информационной системы, косвенные эффекты, например, уменьшение издержек на обслуживание клиентов благодаря автоматизации процессов, а также индуцированные эффекты (Ермаков, 2015).

Существуют разные точки зрения на то, как нужно определять эффективность и как ее измерять. Ряд исследователей считает, что эффективность означает достижение наибольшего результата при минимальных затратах. Другие полагают, что она связана с полнотой достижения поставленных целей и задач (Оборин, 2019). Независимо от выбора такого подхода, оценка эффективности базируется на конкретных критериях и измеряемых показателях. Важно также учитывать внешние факторы, которые могут повлиять на реализацию потенциала компании в целом. Эффективность является сложным понятием, связанным с достижением поставленных целей, компании используют различные коэффициенты и критерии её измерения.

Выделяют четыре группы показателей эффективности, которые относятся к каждому этапу инновационного процесса (Щемерова, 2012): показатели, характеризующие инновационную деятельность (коэффициент инновационности, отражающий долю затрат на разработку инновации в годовом объеме продаж, и коэффициент Тобина, показывающий отношение рыночной стоимости компании к восстановительной стоимости её активов); характеризующие производственный эффект и, соответственно, эффективность применения инновации; характеризующие финансовую эффективность инноваций; показатели инвестиционной эффективности инноваций.

Существует несколько методов расчета экономического эффекта от внедрения частей системы информационного обеспечения, среди которых *EVA*, *TCO*, *TEI*, *WACC*, *NPV*, *ROI*, *IRR* (Ермаков, 2015). Наиболее популярным методом является *TCO* (*Total Cost of Ownership*) – совокупная стоимость владения, предусматривающая подсчет расходов на всех этапах жизненного цикла системы: от покупки до утилизации, включая техническую поддержку и обновление.

Инвесторами широко используется такой наиболее простой вид формулы расчета *ROI* (*Return on Investment*):

$$ROI = \frac{\text{Доход от инвестиций} - \text{Размер инвестиций}}{\text{Размер инвестиций}} \times 100\%$$

или

$$ROI = \frac{\text{Прирост прибыли от инновационной деятельности}}{\text{Затраты на инновации}}$$

По данной формуле можно понять, окупаются ли вложения в проект: при положительном значении происходит возврат, при отрицательном – инвестиции становятся нерентабельны. Более сложная вариация формулы предполагает учёт

возрастания бюджета по итогам заданного периода (Андреева, 2022):

$$ROI = \frac{\text{Income} + (P_{n+1} - P_n)}{P_n}$$

где  $Income$  – размер вложений по итогам заданного периода;

$P_{n+1}$  – доход по итогам заданного периода;

$P_n$  – размер вложенных средств.

Важно понимать, что каждый из указанных показателей имеет свои особенности и может не подходить при определенных условиях.

Для улучшения моделирования бизнес-процессов в настоящее время разработано множество методик оценки их эффективности. Одним из наиболее распространенных подходов является ABC-анализ, который базируется на определении приоритетности задач по их важности и сложности. Другим достаточно известным методом является *Balanced Scorecard*, или система стратегического планирования.

Общий подход к расчёту показателей состоит в следующем. Во-первых, они рассчитываются все вместе (Меденников, 2014). Во-вторых, подготавливаются исходные параметры для дальнейшего анализа внутригрупповых и интегрированных показателей оценки в такой последовательности. Вначале определяют основные показатели, оценивают уровень цифровизации организации. Затем устанавливают критерии (переменные) определения экономического эффекта от внедрения цифровых технологий. Также следует отметить, что информационное обеспечение реализации методик основывают на открытых и официальных источниках.

Эффективное планирование орошения и рациональное использование оросительной воды зависят от точных оценок эвапотранспирации (суммарного испарения) сельскохозяйственных культур  $ЭT_{с.-х.к.}$ . Хорошо зарекомендовавший себя метод расчета коэффициента урожайности рассчитывает  $ЭT_{с.-х.к.}$ , используя расчетную кривую коэффициента урожайности и эвапотранспирацию эталонной культуры. Измерения нормализованного вегетационного индекса  $NDVI$  с помощью дистанционного зондирования, которые

фиксируют пространственные и временные разницы плотности растительности, могут предоставить информацию о базовом коэффициенте урожайности  $K_{б.у.}$ , отражающую фактические условия выращивания и др.  $NDVI$  показывает наличие и состояние растительности по соотношению отраженных энергий в двух спектральных каналах. В исследовании (Hunsaker, 2007) оценивалось планирование орошения с использованием дистанционного зондирования Земли, при котором  $K_{б.у.}$  определялся по  $NDVI$  на основе измерений отражательной способности кроны и традиционного подхода с использованием коэффициента урожайности, рекомендуемого Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединённых Наций ФАО, в которой использовалась разработанная кривая зависимости  $K_{б.у.}$  от времени. Данными для  $K_{б.у.}$  в обоих подходах выступали результаты экспериментов с пшеницей, которые включали широкий спектр комбинаций дополнительной обработки (три плотности растений: типичная, редкая и плотная, и два режима регулирования  $N$ : высокий и низкий). Поливы по методикам  $NDVI$  и ФАО проводились, когда прогнозируемое истощение почвенной влаги в корневой зоне достигло 45%.

Основным преимуществом подхода  $NDVI$  по сравнению с традиционным подходом ФАО было то, что можно было более точно прогнозировать истощение почвенной влаги в корневой зоне при отдельных промежуточных обработках. Лучшее соответствие, полученное между прогнозируемым и измеренным истощением почвенной влаги для  $NDVI$ , предполагало более высокую согласованность между измеренными и ожидаемыми параметрами эффективности орошения, такими как эффективность применения ирригационных систем не только между промежуточными обработками, но и за оба года исследования. Как было продемонстрировано в экспериментах (Hunsaker, 2007),

уменьшение частоты полива водой оправдано в случае низкого уровня роста пшеницы, тогда как для некоторых условий произрастания выгоднее применять полив с более высокой частотой, чем обычно практикуется. Для подобных условий подход *NDVI* предлагает гибкий инструмент планирования орошения, позволяющий учитывать изменяющиеся потребности в орошении в связи с увеличением или уменьшением вегетативного роста.

В целом, оценка экономического эффекта и эффективности является важным шагом в принятии решения о внедрении информационных систем. Опираясь на методы расчета, предприятия могут принимать обоснованные и осознанные решения, направленные на оптимизацию процессов и увеличение прибыли. Многие компании, занимающиеся производством оборудования и материалов, напрямую или косвенно связаны с агропромышленным комплексом.

Развитие АПК имеет большое значение для экономики страны, при этом необходимо учитывать разнообразное влияние отрасли на производителей оборудования и материалов, а также активно работать над совершенствованием методик оценки эффективности использования информационных ресурсов в сельском хозяйстве, в том числе в орошении, через учет технических, экономических и экологических параметров.

В целом по результатам исследования можно отметить, что существует ограниченное число работ, посвященное оценке эффективности внедрения точного земледелия, особенно если идет речь о применении известных методов и подходов экономической эффективности; вероятно, это связано с очевидной целесообразностью внедрения таких технологий.

**Заключение (Conclusions).** В современном мире цифровизация и автоматизация стали неотъемлемой частью практически всех отраслей, включая

сельское хозяйство. В частности, управление ирригацией на фермах является примером того, как с помощью цифровых технологий можно повысить эффективность производства и увеличить урожайность при меньших затратах, важным является рассмотрение системы информационного обеспечения процесса этого производства.

При цифровизации ирригации необходимо учитывать коэффициенты эффективности, весомо сотрудничество между производителями и специалистами в области мелиорации, чтобы создавать интегрированные системы и применять передовые технологии.

Подводя итог, следует отметить, что среди преимуществ цифровизации мелиорации можно выделить повышение эффективности производства и увеличение урожайности при меньших затратах, а также создание более точных систем управления поливом и использования искусственного интеллекта для решения задач, связанных с увлажнением почвы. Значительную роль играют системы управления дождевальной техникой ведущих мировых производителей, которые позволяют регулировать как количество, так и качество воды, поступающей на почву, повышая эффективность полива. Системы автоматизации и интеллектуализации, Интернет вещей, информационно-советующие системы тоже помогают упростить планирование полива и управление им. Проблемы совместимости различных данных и систем, отсутствие квалифицированных специалистов в области информационных технологий и учёт потенциала области требуют дальнейшей работы и развития в этой сфере.

На основе полученных результатов в дальнейшем возможно исследование следующих новых проблем.

1. Какие методы и подходы к определению экономической эффективности наиболее подходят и чаще применяются для того, чтобы оценить



эффективность системы информационного обеспечения в сельском хозяйстве, например, в мелиорации;

2. Каково место систем управления ирригацией среди других компонент точного земледелия, какие приоритеты существуют у фермерских хозяйств по внедрению и активному пользованию тех или иных элементов точного земледелия;

3. Помимо известных ключевых принципов (Pretty, 2008), какова роль в достижении устойчивого сельского хозяйства внедряемых новых технологий, в частности Интернета вещей и искусственного интеллекта;

4. Насколько устранимы препятствия на пути эффективного функционирования системы информационного обеспечения аграрного сектора, например, скорого внедрения и интенсивного пользования элементов точного земледелия в ирригации как части такой системы.

**Информация о конфликте интересов:** автор не имеет конфликта интересов для декларации.

**Conflicts of Interest:** the author has no conflict of interests to declare.

### Список литературы

Андреева О.Г. Что такое ROI. 24.11.22. URL: <https://blog.bcs.ru/chto-takoe-roi> (дата обращения: 11.05.2023).

Ермаков С.А. Информационное обеспечение аграрного сектора США // США и Канада: экономика, политика, культура. 2015. № 4. С. 101–116.

Загоровская В. Под дождем. Управление системами орошения: на пути к цифровизации. 16.05.2020. URL:

<https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/33720-pod-dozhdem-upravlenie-sistemami-orosheniya-na-puti-k-tsifrovizatsii/> (дата обращения: 13.03.2023).

Ирригационное оборудование. 2021. URL: <https://impocorp.ru/products/irrigatsionnoe-oborudovanie?ysclid=ld34acekei330960031> (дата обращения: 13.03.2023).

Меденников В.И. Разработать теоретические основы и методологию оценки эффективности использования информацион-

ного ресурса в аграрной экономике. Отчёт о НИР. М.: ФГБНУ «ВИАПИ имени А.А. Никонова». 2014. -199 с.

«Разумная вода»: интегрированное управление водными ресурсами на базе smart-технологий и моделей для умных городов / Куприяновский В.П., Щичко А.С., Намиот Д.Е., Куприяновская Ю.В. // International Journal of Open Information Technologies. Т. 4. № 4. 2016. С. 20–29.

Оборин М.С. Повышение эффективности управления сельскохозяйственными услугами на основе внедрения цифровых технологий // Ars Administrandi (Искусство управления). 2019. Т. 11. № 2. С. 220–236.

Разработка системы управления орошением и роботизированного оросительного комплекса для высокопродуктивного ведения сельского хозяйства // отчет о научно-исследовательской работе, руководитель НИР, доцент, канд. техн. наук Д.А. Колганов. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2020. URL: <https://apknet.ru/razrabotka-sistemy-upravleniya-orosheniem-i-robotizirovannogo-orositelnogo-kompleksa-dlya-vysokoproduktivnogo-vedeniya-selskogo-kozyajstva/> (дата обращения: 12.04.2023).

Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения / В.В. Годин, М. Н. Белоусова, В. А. Белоусов, А. Е. Терехова // E-Management. 2020. № 3. С. 4–15.

Цифровые технологии и интеллектуальные системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов / Соловьев Д.А., Камышова Г.Н., Колганов Д.А., Терехова Н.Н. // Известия НВ АУК. 2021. № 1(61). С. 368–379.

Шпорер Клаус. Тенденции в технологиях мелиорации и орошения – мнение экспертов Agritechnica. Университет Хозэнхайма, Институт сельскохозяйственной инженерии. 21.01.2022.

URL: <https://glavpahar.ru/articles/tendencii-v-tehnologiyah-melioracii-i-orosheniya---mnenie-ekspertov-agritechnica?ysclid=ld346ui4qb909602506> (дата обращения: 13.03.2023).

Щемерова О.Г. Особенности оценки эффективности инновационной деятельности // Инновации в материаловедении и металлургии. Материалы 1-ой международной интерактивной научно-практической конференции. Часть 2. 2012. С. 270–273.

Юрченко И.Ф. Цифровизация мелиоративных агротехнологий: возможности, вызовы, перспективы, инновации // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11, № 4. С. 141–156.

Al Habsi S., Al kindi Z., Al-Khanjari Z.A. and Al-Habsi R. Internet of Things Innovation on Efficient Control of Water Consumption: (Idrop W) // 10th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection at: Bled, Slovenia. July. 2017. URL: [https://www.researchgate.net/publication/335541189\\_Internet\\_of\\_Things\\_Innovation\\_on\\_Efficient\\_Control\\_of\\_Water\\_Consumption\\_Idrop\\_W](https://www.researchgate.net/publication/335541189_Internet_of_Things_Innovation_on_Efficient_Control_of_Water_Consumption_Idrop_W) (дата обращения: 17.03.2023).

Artificial Intellegance in Agriculture Market by Technology, Offering, Application and Region – Global Forecast to 2028 URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-agriculture-market-159957009.html> (дата обращения: 12.04.2023).

Biswas S., Sharma L.K., Ranjan R., Saha S., Arpita Chakraborty A. and Banerjee J.S. Smart farming and water saving-based intelligent irrigation system implementation using the Internet of Things // Chapter 20 in Recent Trends in Computational Intelligence Enabled Research Theoretical Foundations and Applications. 2021. Pp. 339–354. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128228449000438?via%3Dihub> (дата обращения: 13.03.2023).

Goedde L., Katz J., Menard A. and Revellat J. Agriculture’s connected future: How technology can yield newgrowth 10.09.2020 URL: <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agricultures-connected-future-how-technology-can-yield-new-growth> (дата обращения: 24.04.2023).

Hunsaker D.J., Fitzgerald G.J., French A.N., Clarke T.R., Ottman M.J. and Pinter P.J. Wheat Irrigation Management Using Multispectral Crop Coefficients: II. Irrigation Scheduling Performance, Grain Yield, and Water Use Efficiency // Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers). 2007. Vol. 50. No 6. Pp. 2035-2050.

Pretty J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence // Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences: journal. 2008. Vol. 363, No. 1491. Pp. 447–465.

Smart Agriculture Market by Offering, Agriculture Type, Farm Size, Application and Region – Global Forecast to 2028. URL: [Smart](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-agriculture-market-159957009.html)

Agriculture Market Size | Global Growth Drivers & Revenue Analysis, 2031 (marketsandmarkets.com) (дата обращения: 12.04.2023).

## References

Al Habsi, S., Al kindi, Z., Al-Khanjari, Z.A. and Al-Habsi, R. (2017), “Internet of Things Innovation on Efficient Control of Water Consumption: (Idrop W)”, *10th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection*, Bled, Slovenia, July, 2017, [Online], available at: [https://www.researchgate.net/publication/335541189\\_Internet\\_of\\_Things\\_Innovation\\_on\\_Efficient\\_Control\\_of\\_Water\\_Consumption\\_Idrop\\_W](https://www.researchgate.net/publication/335541189_Internet_of_Things_Innovation_on_Efficient_Control_of_Water_Consumption_Idrop_W) (Accessed 17 March 2023).

Andreeva, O.G. (2022), “What is ROI [Online], available at: <https://blog.bcs.ru/chto-takoe-roi> (Accessed 11 May 2023).

Artificial Intelligence in Agriculture Market by Technology, Offering, Application and Region – Global Forecast to 2028, [Online], available at: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-agriculture-market-159957009.html> (Accessed 12 April 2023).

Biswas, S., Sharma, L.K., Ranjan, R., Saha, S., Arpita Chakraborty, A. and Banerjee, J.S. (2021), “Smart farming and water saving-based intelligent irrigation system implementation using the Internet of Things”, *Chapter 20 in Recent Trends in Computational Intelligence Enabled Research Theoretical Foundations and Applications*, pp. 339–354, [Online], available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128228449000438?via%3Dihub> (Accessed 13 March 2023).

Ermakov, S.A. (2015), “Information supply of U.S. agricultural sector”? *USA & Canada: economics, politics, culture*, 4, pp. 101-116.

Goedde, L., Katz, J., Menard, A. and Revellat, J. (2020), “Agriculture’s connected future: How technology can yield new growth”, [Online], available at: <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agricultures-connected-future-how-technology-can-yield-new-growth> (Accessed 24 April 2023).

Godin, V.V., Belousova, M.N., Belousov, V.A. and Terekhova, A.E. (2020), “Agriculture in the digital age: challenges and solutions”, *E-Management*, 3, pp. 4-15.

Hunsaker, D.J., Fitzgerald, G.J., French, A.N., Clarke, T.R., Ottman, M.J. and Pinter, P.J.

(2007), “Wheat Irrigation Management Using Multispectral Crop Coefficients: II. Irrigation Scheduling Performance, Grain Yield, and Water Use Efficiency”, *Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers)*, 50 (6), pp. 2035-2050.

Irrigation equipment (2021), [Online], available at: <https://impocorp.ru/products/irrigatsionnoe-oborudovanie?ysclid=ld34acekei330960031> (Accessed 13 March 2023).

Kolganov, D.A. (2020), *Razrabotka sistemy upravleniya orosheniem i robotizirovannogo orositelnogo kompleksa dlja vysokoproduktivnogo vedeniya sel'skogo hozjajstva*, report on research work, head of research, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences D.A. Kolganov, Saratov, Saratov State University [Online], available at: <https://apknet.ru/razrabotka-sistemy-upravleniya-orosheniem-i-robotizirovannogo-orositelnogo-kompleksa-dlya-vyskoproduktivnogo-vedeniya-selskogo-kozyajstva> (Accessed 12 April 2023).

Kupriyanovsky, V.P., Shchichko, A.S., Namiot, D.E. and Kupriyanovskaya, Yu.V. (2016), ““Reasonable water”: integrated water resources management based on smart technologies and models for smart cities”, *International Journal of Open Information Technologies*, 4 (4), pp. 20-29.

Medennikov, V. I. (2014), *Razrabotka teoreticheskie osnovy i metodologiju otsenki effektivnosti ispol'zovaniya informatsionnogo resursa v agrarnoj ekonomike*, Report on research, M., FSBI "VIAPU named after A.A. Nikonov", 199 p.

Oborin, M.S. (2019), “Improving the efficiency of agricultural services management based on the introduction of digital technologies”, *Ars Administrandi (Iskusstvo managementa)*, 11 (2), pp. 220-236.

Pretty, J. (2008), “Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences: journal*, 363 (1491), pp. 447–465.

Shchemerova, O.G. (2012), “Features of evaluating the effectiveness of innovation activity”, *Innovatsii v materialovedenii i metallurgii. Materials of the 1st International interactive scientific and practical conference, Part 2*, pp. 270–273.

Smart Agriculture Market by Offering, Agriculture Type, Farm Size, Application and Region – Global Forecast to 2028 [Online], available at: [Smart Agriculture Market Size | Global Growth Drivers & Revenue Analysis, 2031, \(marketsandmarkets.com\)](#) (Accessed 12 April 2023).

Spohrer, K. (2021), “Trends in irrigation technology”, Frankfurt: University of Hohenheim, Institute of Agricultural Engineering [Online], available at: <https://www.agritechnica.com/en/press/downloads> (Accessed 14 April 2023).

Solovyov, D.A., Kamyshova, G.N., Kolganov, D.A. and Terekhova, N.N. (2021), “Digital technologies and intelligent control systems of the irrigation complex taking into account the actual moisture reserves”, *Izvestiya NVAUK*, 1(61), pp. 368-379.

Yurchenko, I.F. (2021) “Digitization of reclamation agricultural technologies: opportunities, challenges, prospects, innovations”, *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*, 11 (4), pp. 141–156.

Zagorovskaya, V. (2020), In the rain. Irrigation system management: towards digitalization, [Online], available at: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/33720-pod-dozhdem-upravlenie-sistemami-orosheniya-na-puti-k-tsifrovizatsii> (Accessed 13 March 2023).

#### Данные об авторе

**Ермаков Станислав Александрович**, старший преподаватель кафедры комплексной безопасности в строительстве

#### Information about the author

**Stanislav A. Ermakov**, Senior Lecturer of the Department of Integrated Safety in Construction