

# Цифровые технологии реализации инвестиционных проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства

Digital technologies for investment projects in water and sewage utilities

doi 10.26310/2071-3010.2020.261.7.006



**И. В. Ильин,**

д. э. н., профессор, директор,  
Высшая школа управления и бизнеса,  
Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого  
✉ ivi2475@gmail.com

**I. V. Ilin,**

dr sc, professor, head of the Higher school  
of business and management, Peter the Great  
Saint Petersburg polytechnic university



**Д. А. Серов,**

к. э. н., советник генерального директора,  
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»  
✉ office@vodokanal.ru

**D. A. Serov,**

PhD, director's consultant Vodokanal SPb

В статье излагаются принципиальные пути применения цифровых технологий при разработке и реализации инвестиционных проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства. Обосновывается необходимость комплексного подхода к цифровизации в рамках жизненного цикла инвестиционного проекта. Приводится описание применяемых цифровых технологий, и показывается их взаимосвязь. Раскрываются направления эффективности применения цифровых технологий.

The article outlines the fundamental ways of using digital technologies in the development and implementation of investment projects in the field of water and sewerage utilities. The necessity of an integrated approach to digitalization within the life cycle of an investment project is substantiated. A description of the applied digital technologies is given and their relationship is shown. The directions of the effectiveness of the use of digital technologies are revealed.

**Ключевые слова:** водопроводно-канализационное хозяйство, жизненный цикл, инвестиционный проект, ценностные требования, управление проектом, цифровые технологии.

**Keywords:** water and sewage utilities, life cycle, investment project, value requirements project management, digital technologies.

## Введение

Обеспечение устойчивого роста российской экономики и необходимость повышения уровня жизни населения требуют стабилизации и развития водопроводно-канализационного хозяйства страны. Однако в настоящее время динамика развития отрасли водоснабжения и водоотведения характеризуется негативными тенденциями. Сетевое хозяйство и технологическое оборудование уже исчерпали свой технический ресурс и требуют замены, а необходимое финансирование их обновления отсутствует. При этом износ основных производственных фондов существенно увеличивает потери воды, повышает эксплуатационные расходы и аварийность. [1] Основные производственные фонды не только физически изношены, но и морально устарели. Они проектировались в советский период на базе ныне устаревших технологий и поэтому в современных условиях генерируют потери и в принципе неэффективны.

На нынешнем этапе задачи развития водопроводно-канализационного хозяйства можно решить лишь на основе привлечения инвестиций. Применение передовых цифровых технологий в деятельности организаций водоснабжения (и в целом на ресурсоснабжающих предприятиях) позволит оптимизировать инвестиционную привлекательность и эксплуатационную деятельность на качественно новом уровне, а также повысить эффективность системы управления предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства.

## Методы

Основными методами разработки и реализации инвестиционных проектов являются: формирование требований к системе управления инвестиционным проектом, моделирование, проектный метод и метод эксперимента.

## Результаты

Для исследования влияния любых инноваций в сфере водопроводно-канализационного хозяйства, включая цифровые технологии, на инвестиционную деятельность предприятий важно сначала определить критерии такой оценки. При определении возможных критериев следует учитывать ценности предприятия – участника инвестиционного процесса. Такие ценности конкретизируют потребности предприятий в разработке и реализации инвестиционных проектов и тем самым могут выступать критериями оценки целесообразности применения в этой сфере цифровых технологий (наряду с финансово-экономическими критериями) [2, 3].

К основным ценностным требованиям участников инвестиционного процесса относятся:

- затраты на разработку и внедрение инвестиционного проекта;
- затраты на эксплуатацию объекта инвестиций;
- качество проектной документации, строительных работ и т. д.;
- сроки разработки и реализации инвестиционного проекта;

- соблюдение требований промышленной безопасности и иных требований, установленных государством;
- обеспечение управляемости инвестиционным процессом;
- возможность аргументированной защиты инвестиционного проекта перед субсидирующими органами (например, в рамках Федеральной адресной инвестиционной программы).

Для достижения синергетического эффекта в сфере инвестиционной деятельности необходимо рассматривать применение цифровых технологий с позиций эффективного управления всеми этапами жизненного цикла инвестиционного проекта [2]. Именно в этом разрезе транслируются ценности предприятия – участника инвестиционного процесса, отвечая на вопрос «в какой мере цифровые технологии отвечают требованиям ценностей предприятия на всем протяжении инвестиционного проекта».

В самом общем виде жизненный цикл инвестиционного проекта во многом совпадает с жизненным циклом капитального объекта и включает следующие этапы:

- определение потребности;
- предпроектное обследование и проектирование;
- разработку технологических процессов и подбор технологического оборудования;
- обоснование и привлечение инвестиций;
- строительство, монтаж оборудования;
- эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт;
- модернизацию.

Внедрение цифровых технологий не может быть самоцелью, а должно быть направлено на решение конкретных проблем предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (табл. 1). Систематизацию проблем инвестиционной деятельности предприятий, по нашему мнению, целесообразно осуществлять

в рамках этапов жизненного цикла инвестиционного проекта.

Перечисленные выше проблемы, в той или иной степени, присутствуют в инвестиционной деятельности всех предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, существенно влияя на возможности привлечения и реализации инвестиций. Важной причиной такого положения дел является отсутствие устоявшейся практики применения современных информационных технологий, связывающих в единую цепочку все этапы жизненного цикла инвестиционного проекта. Иными словами, сейчас отсутствует сбалансированная система, обеспечивающая эффективное управление жизненным циклом инвестиционного проекта. С учетом этого именно в формировании такой системы и заключается основное предназначение цифровых технологий.

В настоящее время на федеральном уровне уже осуществляются действия по стимулированию предприятий и организаций внедрять цифровые технологии в практическую деятельность. Так, в поручении Президента Российской Федерации от 19.07.2018 г. № Пр-1235 поставлены задачи по внедрению технологий информационного моделирования зданий и сооружений. Предпринимаются определенные действия и на уровне министерств. Так, Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации планирует в перспективе внедрить норму, предусматривающую подачу проектной документации в рамках государственных конкурсов только в формате BIM-технологии. В свою очередь, Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации подготовило проект методических рекомендаций по разработке стратегий цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием, предполагающих внедрение единых цифровых платформ с элементами бизнес-аналитики.

Таблица 1

Типовые проблемы для применения цифровых технологий в области водоснабжения и водоотведения

№ пп	Этапы жизненного цикла инвестиционного проекта	Характеристика проблем
1	Определение потребности	Отсутствие моделирования объемов и качества при составлении технического задания на проектирование
2	Предпроектное обследование. Проектирование	Неполнота исходных данных для разработки проектов (неточность водного баланса, отсутствие привязки инженерной инфраструктуры к местности). Ошибки проектирования. Многократная экспертиза проектов. Отсутствие комплексного типового проектирования (многократное выполнение одной и той же работы по проектированию очистных сооружений для типовых агломераций и др.)
3	Разработка технологических процессов. Подбор технологического оборудования	Отсутствие обоснования выбора оптимальных технологий на основе моделирования
4	Обоснование и привлечение инвестиций	Недостаточная документальная база для экспертизы инвестиционных проектов. Отсутствие точной оценки стоимости всего жизненного цикла проекта
5	Строительство. Монтаж оборудования	Низкий уровень использования современных методов для контроля соответствия строящихся объектов требованиям проектной документации
6	Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт	Неоптимальный режим эксплуатации производственных мощностей. Низкий уровень применения автоматизированных систем управления производственно-технологическими процессами. Отсутствие прогнозирования загрузки производственных мощностей и состояния оборудования и работ по техническому обслуживанию и ремонту (для своевременной профилактики). Недостаточная квалификация эксплуатационного персонала, негативно влияющая на аварийность
7	Модернизация	Отсутствие моделирования объемов и качества при составлении технического задания на модернизацию

Применительно к водопроводно-канализационному хозяйству на базе цифровых технологий разработан инструментарий управления жизненным циклом инвестиционного проекта. Инструментарий подготовлен специалистами ООО «Альянс Электро», а также сотрудниками Центра Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» и научно-исследовательской лаборатории промышленных систем потоковой обработки данных (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого).

Такая работа проводится в рамках экспертного и научно-методологического обеспечения реформирования предприятий водопроводно-канализационного хозяйства. В целом синергия совместной деятельности экспертов из реального сектора экономики и науки позволила научно обосновать, создать, апробировать на практике и верифицировать методику управления жизненным циклом инвестиционного проекта, применимую для всех предприятий водопроводно-канализационного хозяйства по всей территории России.

Разработанный инструментарий широко опирается на цифровые технологии и успешно апробирован на очистных сооружениях и в сетевом хозяйстве ряда российских водоканалов. Очистные сооружения — это инженерно-технологический комплекс, обеспечивающий очистку загрязненной воды до нормативного уровня с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и исключения вредоносного воздействия на экологию. Это объект, сложный как с точки зрения строительства, так и с точки зрения технологии основного производства. Функционирование очистных сооружений, в свою очередь, тесно связано с сетевым хозяйством, включающим в себя насосные станции и трубопроводы (водоводы).

Как показывает практика и накопленный опыт, наибольший эффект от применения цифровых технологий применительно к управлению инвестиционным проектом получается в случае последовательного использования конкретного инструментария. Причем использование цифровых технологий должно охватывать все этапы жизненного цикла инвестиционного проекта.

С другой стороны, необходимость сквозного комплексного управления инвестиционным проектом, в свою очередь, предопределяет требования к выбору необходимых цифровых технологий.

Состав апробированных цифровых технологий и их «привязка» к этапам жизненного цикла инвестиционного проекта в сфере водопроводно-канализационного хозяйства приведены на рис. 1.

Последовательно и кратко охарактеризуем основные цифровые технологии, апробированные и рекомендуемые предприятиям водопроводно-канализационного хозяйства в целях повышения эффективности их инвестиционной деятельности.

### Лазерное сканирование объектов и территорий

Лазерное сканирование позволяет создать цифровую модель всего окружающего объект пространства, представив его набором точек с пространственными координатами [4]. Метод лазерного сканирования предназначен:

- для определения и анализа точного рельефа местности на этапе изысканий;
- для детального контроля строительства «от котлована» до монтажа оборудования;
- для информационного наполнения BIM-модели на этапе сопровождения жизненного цикла инвестиционного проекта.

Практическое применение лазерного сканирования включает следующие технологические этапы.



Рис. 1 Цифровые технологии как инструмент выполнения работ по жизненному циклу инвестиционного проекта

1. Лазерная съемка объекта и территории для сбора исходных данных.

Сбор исходных данных при помощи лазерной съемки направлен на изучение территории, включая измерение и определение характеристик объектов местности. Результатом такой съемки является информация о пространственных свойствах объектов местности. Это массив точек, каждая из которых имеет пространственные координаты (X, Y, Z) и характеристики интенсивности отраженного сигнала. На этом же этапе лазерного сканирования оценивается качество полученных исходных данных с позиций их пригодности для дальнейшей обработки (достоверность, полнота, уровень детализации).

2. Первичная обработка полученных в ходе лазерной съемки данных.

Результаты измерений в ходе лазерной съемки (облако точек с пространственными координатами) подвергаются предварительной вычислительной обработке: физические величины переводятся в геометрические, осуществляется фильтрация данных, приведение данных к единой системе координат.

Определение характеристик непространственных свойств объекта выполняется путем наблюдения и измерений по массиву точек (материал, толщина, ширина, высота, глубина, протяженность). Результаты первичной обработки данных лазерной съемки отображаются в едином пространственно-информационном поле.

3. Трехмерное информационное отображение объекта и территории.

Конечным результатом лазерного сканирования является создание трехмерной модели территории. Созданная таким образом модель состоит из ряда слов — набора пространственных объектов одного класса природы (здания и сооружения, трубопроводы, дороги, поверхность земли и т. п.). Для контроля и восприятия результатов пространственного анализа осуществляется визуализация результатов моделирования.

Для инвестиционных проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства лазерное сканирование объектов и местности значимо, прежде всего, по следующим обстоятельствам:

- жесткие требования к санитарным зонам и промышленной безопасности (в части пространственной планировки) при строительстве очистных сооружений;
- важность пространственного фактора при прокладке водопроводных и канализационных сетей.

Практика показывает, что использование технологий лазерного сканирования позволяет сократить стоимость проведения инженерно-геодезических работ в 2-3 раза, сроки проектирования — на 20-30% (для инфраструктурных проектов), а расходы на этапе строительства/реконструкции — на 10-30%.

### Геоинформационная система

Пространственные данные, полученные при лазерном сканировании объектов и территорий, составляют основу информационного обеспечения геоинформационных систем [5-9]. Геоинформационная система (ГИС) предназначена:

- для сбора, хранения, обработки, моделирования и анализа пространственных (географических) данных;
- для отображения (визуализации) этих данных и использования при решении расчетных задач, подготовке и принятии решений.

При этом любая географическая информация об объекте содержит сведения о пространственном положении путем привязки к географическим или другим координатам. Хранение данных в такой системе ведется по тематическим слоям, также привязанным к географическому местоположению. Поэтому ГИС, прежде всего, опирается на информационные технологии обработки географически организованной информации и привязки описательной (атрибутивной) информацией к картографическим (графическим) объектам.

Основные функции ГИС при работе с инвестиционным проектом:

- а) обоснование пространственных запросов и анализ процессов водоснабжения и водоотведения. Эта функция ГИС снижает время получения ответов на запросы, определяет территории для требуемых мероприятий, а также взаимосвязи между различными параметрами объекта с учетом пространственных характеристик;
- б) планирование работ по проекту за счет получения исчерпывающей информации об исследуемой территории (инфраструктурные объекты в интересующей зоне, сопричастные участки и субъекты);
- в) повышение эффективности процедуры принятия решений (обеспечение ответов на запросы и функции анализа пространственных данных, представление результатов анализа в наглядном и удобном для восприятия виде);
- г) динамическое моделирование процессов водоснабжения и водоотведения и автоматизированного решения задач, связанных с анализом особенностей территории.

Актуальность ГИС для инвестиционных проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства обусловлена большим количеством потребителей услуг водоснабжения и водоотведения и широким диапазоном их пространственно-территориального распределения.

В таких условиях применение ГИС позволяет сократить время на поиск и анализ информации и выступает важным звеном в системе поддержке принятия решений. В полной мере такие возможности относятся и к управлению инвестиционными проектами по водоснабжению и водоотведению.

### Цифровое моделирование

В сфере водопроводно-канализационного хозяйства при разработке и внедрении инвестиционных проектов, связанных, например, с очистными сооружениями, значительные резервы эффективности заложены в моделировании [10-12].

Одной из наиболее известных технологий, используемых в цифровом моделировании, является технология «цифровых двойников». В рамках этой технологии для физического объекта, единицы

оборудования или целого процесса создается модель для анализа поведения объекта.

В результате цифрового моделирования получается полная информация об объекте, которая используется на всем протяжении его жизненного цикла. Так, применение цифрового моделирования при разработке инвестиционного проекта позволяет виртуально опробовать процессы и оценить здание, компоновку оборудования и т. п. Появляется также возможность быстрой проработки нескольких вариантов технологических схем. При эксплуатации объекта инвестиций, цифровое моделирование позволяет выявить несанкционированные изменения в процессах, оптимизировать режимы работы оборудования, предотвратить поломки и аварии, что в итоге значительно повышает уровень надежности и эффективности эксплуатации оборудования. Наличие адекватной и современной информационной модели каждого объекта, например, очистных сооружений, позволит создать единую интегрированную систему управления жизненным циклом водопроводно-коммунального хозяйства в рамках любой агломерации.

Цифровое моделирование, используемое при разработке и реализации инвестиционных проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства, включает в себя такие разновидности как информационное моделирование объектов, моделирование технологического процесса, математическое моделирование и имитационное моделирование.

#### Информационное моделирование

Метод цифрового проектирования BIM (building information modeling) предназначен для управления жизненным циклом объекта на основе информации о здании или сооружении со всеми взаимосвязями и зависимостями [13-15]. При этом увязываются воедино физические и функциональные характеристики объекта для управления на всех этапах его жизненного цикла. На этой основе при BIM-технологии создается трехмерная модель, связанная с информационной базой данных по объекту. Каждый элемент детально описан с помощью атрибутов. Изменение одного из параметров объекта влечет за собой автоматическое изменение связанных с ним параметров, что обеспечивает комплексное внедрение любых изменений. Созданная информационная модель существует и после создания объекта, позволяя управлять его жизненным циклом на всех этапах — от проектирования до сноса и модернизации.

Использование BIM-технологии в инвестиционном процессе позволяет:

- автоматизировать процесс расчета конструктивных элементов объекта и проверки прочностных и конструктивных характеристик;
- оптимизировать конструктивные характеристики объекта;
- осуществлять автоматическую генерацию конструкторской документации по ГОСТ в кратчайшие сроки (за счет использования прошедших экспертизу типовых решений, накопленных в библиотеке готовых решений);

- проводить аналитическое обоснование работоспособности выбранной технологии, например, очистки воды или сточных вод;
- обеспечить эффективную эксплуатацию объекта и обосновать необходимость и направления его дальнейшей модернизации.

#### Моделирование технологического процесса

Объектом инвестиций в сфере водопроводно-канализационного хозяйства обычно являются технические системы (например, очистные сооружения) и конкретные технологические процессы (например, по очистке воды или сточных вод). Любой технологический процесс состоит из стадий (этапов), на каждой из которых производится определенное воздействие на материальные потоки.

В рамках технологического процесса взаимодействуют все производственные факторы: реагенты, материалы, оборудование, вспомогательные устройства, обрабатывающий инструмент, средства контроля и управления, персонал и др. Модель технологического процесса описывает связи между ними, учитывая технические параметры производственных факторов и самой технологии, а также требования к параметрам результата технологического процесса [16, 17].

На стадиях проектирования, подготовки и функционирования технологических процессов моделирование позволяет:

- обосновывать выбор оптимальной технологии (например, технологии очистки воды или сточных вод);
- разрабатывать сценарии работы технологического оборудования;
- анализировать причины произошедших аварий и инцидентов;
- обосновывать и оптимизировать расход реагентов и иных материальных ресурсов, а также режимы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования.

#### Математическое моделирование

Математическая модель представляет собой описание объекта в виде совокупности математических соотношений или схемы алгоритма и обеспечивает имитацию объекта на уровне, достаточно близком к его реальному функционированию [18, 19]. Например, при математическом моделировании сооружений очистки воды или сточных вод устанавливается связь между геометрическими и техническими характеристиками очистных сооружений, а также осуществляется точный расчет существенных параметров применяемой технологии очистки воды. Большинство процессов водоснабжения и водоотведения хорошо поддаются математическому моделированию, поскольку при очистке воды и сточных вод используются химические процессы, а движение воды в водопроводных и канализационных сетях описывается поддающимися измерению параметрами объема и напора.

При реализации инвестиционных проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства математическое моделирование, в основном, позволяет:

- провести анализ поведения объекта в динамических условиях;
- анализировать состояние объектов при смене исходных условий, например, длины или глубины сооружений;
- оптимизировать размеры отдельных сооружений и соотношения размеров зон внутри сооружений;
- анализировать эксплуатационные затраты (использование энергии, дозы реагентов и др.).

**Имитационное моделирование**

В качестве отдельного направления при реализации инвестиционных проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства можно рассматривать имитационное моделирование работы объекта, связанное с разработкой 3D-сценариев в режиме инструктора с возможностью создания визуальных эффектов [20, 21]. На этой основе создаются интерактивные тренажеры для обучения и переподготовки персонала, а также

для интерактивных тренировок поведения персонала в критических ситуациях.

Вообще проблема подготовки и повышения квалификации персонала, обслуживающего технологические процессы водоснабжения и водоотведения, напрямую влияет на эффективность и безопасность эксплуатации объекта. Поэтому данный аспект занимает важное место при реализации инвестиционных проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства, а использование интерактивных тренажеров повышает качество и снижает затраты на обучение квалифицированного обслуживающего персонала.

**Информационно-аналитические системы**

Важным направлением повышения эффективности деятельности предприятий ЖКХ на современном этапе становится применение цифровых технологий [22-26], в том числе современных информационно-аналитических систем [27-29].

Примером инструмента эффективной реализации инвестиционных проектов в сфере водопроводно-

Таблица 2

Возможности цифровых технологий при реализации инвестиционного проекта

Этап жизненного цикла проекта	Возможности цифровых технологий	Применяемые цифровые технологии
Определение потребности	Оптимизация размеров отдельных сооружений и соотношения размеров зон на сооружениях	Цифровое моделирование
Предпроектное обследование. Проектирование	Анализ точного рельефа местности на этапе изысканий; создание эффективного плана организации рельефа; автоматизация процесса расчёта конструктивных элементов объекта и проверки прочностных и конструктивных характеристик; оптимизация конструктивных характеристик объекта; оперативная автоматическая генерация конструкторской документации по ГОСТ; автоматическое внесение корректировок в чертежи, расчеты, календарный план и т. д. при наличии изменений в проекте; возможности тиражирования проектов уже готовых сооружений	Лазерное сканирование; ГИС
Разработка технологических процессов. Подбор технологического оборудования	Моделирование технологических процессов; возможности проработки нескольких вариантов технологических схем; аналитическое обоснование выбора оптимальной технологии; разработка сценариев работы технологического оборудования; автоматизированное управление технологическими процессами; возможности тиражирования проектов уже готовых сооружений; упрощение процесса перехода на новые технологии	Цифровое моделирование
Обоснование и привлечение инвестиций	Сравнительный анализ вариантов инвестиций; аналитическое обоснование оптимального варианта; понятные целевые затраты и эффективное освоение инвестиционных средств	ГИС; цифровое моделирование
Строительство. Монтаж оборудования	Проверка соответствия строящегося объекта проектной документации; внесение корректировок (при необходимости); детальный контроль строительства	Лазерное сканирование; цифровое моделирование
Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт	Обоснование и оптимизация затрат материальных ресурсов (материалы, реагенты, энергия и т. п.); выявление непредусмотренных изменений в процессах; контроль деформаций сооружений; обоснование регламентов эксплуатации и оптимизация режимов работы оборудования на основе достоверных и онлайн-балансов (водный, водно-химический, материальный); обеспечение оптимальной загрузки мощностей; оперативное управление режимами эксплуатации, предупреждение, локализация и ликвидация аварийных ситуаций и т. п.; прогнозирование и планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту, предотвращение поломок и аварий, освоение алгоритмов выполнения стандартных операционных процедур по техническому обслуживанию и ремонту, регламентных работ; возможность перехода к системе управления на основе автоматизации бизнес-, технологических и управленческих процессов (в том числе автоматизация сбора и обработки данных, дистанционный мониторинг); обучение и тренинг операторов (приобретение оперативным персоналом навыков безопасного управления при пуске, эксплуатации и плановой остановке оборудования и в аварийных ситуациях), контроль и тестирование уровня знаний и навыков персонала, закрепление знаний по месторасположению и функциональной связи отдельных элементов оборудования	Лазерное сканирование; ГИС; цифровое моделирование; информационно-аналитическая система учета и анализа водных ресурсов
Модернизация	Оптимизация размеров отдельных сооружений и соотношения размеров зон на сооружениях; сравнительный анализ вариантов модернизации; аналитическое обоснование оптимального варианта; понятные целевые затраты и эффективное освоение инвестиционных средств	Лазерное сканирование; ГИС; цифровое моделирование

канализационного хозяйства является автоматизированная система учета и анализа водных ресурсов «НМО Аква», в своей основе опирающаяся на современные цифровые технологии. Основные цели разработки и внедрения системы подобных систем: сбор и анализ информации с узлов учета; формирование баланса потребления воды; прогнозирование потребления воды; контроль расхода воды; выявление узких мест и прогнозирование аварийных зон; информирование абонентов.

Внедрение подобных автоматизированных систем учета и анализа водных ресурсов повышает устойчивость и надежность водоснабжения и управляемость водоснабжением, сокращает издержки на эксплуатацию и обслуживание инфраструктуры водоснабжения, а также обеспечивает прозрачное формирование данных для системы расчетов с абонентами. Например, к 2018 г. при внедрении системы в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» достигнуто уменьшение потребления электроэнергии на 21% и потерь воды на 22%, снижение повреждений труб на 44%.

Наличие подобной информационно-аналитической системы (в сочетании с оптимизированными производственно-технологическими процессами как предпосылку успешной автоматизации) повышает инвестиционную привлекательность проектов в сфере водопроводно-канализационного хозяйства.

Рассмотренные выше цифровые технологии становятся действенным способом решения проблем на всех этапах жизненного цикла инвестиционного проекта (табл. 2).

### Выводы

Применение современных цифровых технологий в деятельности ресурсоснабжающих предприятий повышает операционную эффективность деятельности, а также оказывает позитивное влияние на инвестиционную привлекательность проектов в сфере ресурсоснабжения. Подобный эффект от применения цифровых технологий достигается за счет следующих факторов:

1. Снижаются затраты на разработку и внедрение проекта и на эксплуатацию объекта инвестиций. Так, объединение в единую цепочку всех вышеперечисленных технологий дает синергетический эффект снижения издержек на 20-30% по всему жизненному циклу инвестиционного проекта.

2. Повышается качество выполнения работ (качество проектной документации, строительных работ и т. д.) на всех этапах жизненного цикла инвестиционного проекта.
3. Сокращаются сроки разработки и реализации инвестиционного проекта (прежде всего, предпроектного обследования, проектирования и строительства).
4. Повышается безопасность строительства и эксплуатации (в том числе снижается аварийность) за счет:
  - соблюдения требований промышленной безопасности и иных требований, установленных государством;
  - использования имитационных тренажеров при подготовке персонала.
5. Обеспечивается управляемость инвестиционным процессом за счет:
  - возможности управления жизненным циклом инвестиционного проекта;
  - аналитического обоснования важных решений на каждом этапе инвестиционного проекта.
6. Повышается уровень аргументированной защиты инвестиционного проекта перед инвестором или субсидирующими органами (например, в рамках федеральной адресной инвестиционной программы).

Комплексное использование цифровых технологий в инвестиционном процессе позволяет обеспечить ценностно-ориентированное управление инвестиционным проектом. Иными словами, на основе цифровых технологий ориентирует управление инвестиционным проектом на ценностные требования участников инвестиционного процесса. При этом цифровизация жизненного цикла инвестиционного проекта позволяет говорить о концепции «цифрового инвестиционного проекта».

Инвестиционная активность и развитие цифровых технологий в сфере водопроводно-канализационного хозяйства — это не просто взаимосвязанные процессы. Это процессы, которые должны быть системно взаимосвязаны и синхронизированы на государственном уровне. Своевременное осознание и решение этой государственной задачи будет реально способствовать преодолению негативных тенденций в сфере водопроводно-канализационного хозяйства, содействовать стабилизации текущей и инвестиционной деятельности водоканалов и создавать благоприятные условия для их перехода к устойчивому развитию.

### Список использованных источников

1. Д. А. Серов, И. В. Ильин, А. И. Левина. Информационно-технологические факторы перехода к ценностно-ориентированной модели управления водоснабжением// Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 7 (97). С. 150-156.
2. И. В. Ильин, О. В. Ростова. Методы и модели управления инвестициями: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки магистров «Системный анализ и управление». 2-е изд. СПб., 2015.
3. И. В. Ильин, А. И. Левина. Методы и модели финансового менеджмента. СПб., 2016.
4. А. В. Комиссаров. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий. Автореферат дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук. Новосибирск, 2015.
5. Н. В. Дьяченко. Использование ГИС-технологий в решении задач управления. <http://www.nocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html>.
6. И. Г. Журкин, С. В. Шайтура. Геоинформационные системы. М.: «КУДИЦ-ПРЕСС», 2009.
7. О. Красовская, С. Сктерщиков, С. Тясто, Д. Хмелефа. ГИС в системе территориального планирования и управления территорией//ArcReview. 2003. № 3 (38).
8. А. Н. Крючков, С. А. Самодумкин, М. Д. Степанова, Н. А. Гулякина. Интеллектуальные технологии в геоинформационных системах: учеб. пособие/Под науч. ред. В. В. Голенкова. Мн.: БГУИР, 2006.
9. С. Сктерщик. ГИС в градостроительном проектировании и управлении территориями//ArcReview. № 3 (18). 2001.
10. Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.
11. А. В. Прохоров, И. В. Ильин. Моделирование транспортной инфраструктуры промышленных кластеров с использованием информационно-аналитических систем// Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. № 3 (149). С. 61-65.

12. Н. В. Дьяченко. Опыт разработки информационно-аналитических систем поддержки принятия управленческих решений. <http://www.nocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html>.
13. В. П. Грахов, С. А. Мохначев, А. Х. Иштряков Развитие систем BIM-проектирования как элемент конкурентоспособности//Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1.
14. Л. А. Нефедова, С. Е. Калязина, А. А. Лепехин. Организация и ИТ-поддержка серийного производства с применением аддитивных технологий//Наука и бизнес: пути развития. № 3 (93). 2019. С. 49-52.
15. В. В. Талапов. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий М.: Издательство ДМК Пресс, 2011. 392 с.
16. В. Ф. Беккер. Моделирование химико-технологических объектов управления: учебное пособие. М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2014. 142 с.
17. А. Ю. Закгейм. Общая химическая технология: Введение в моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие. М.: Унив. книга, Логос, 2012. 304 с.
18. А. А. Самарский. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 2002. 347 с.
19. С. В. Сумароков. Математическое моделирование систем водоснабжения. Новосибирск: Наука, 1983. 167 с.
20. Н. Б. Кобелев, В. А. Половников, В. В. Девятков. Имитационное моделирование: учебное пособие. М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2013. 368 с.
21. Ю. И. Рыжиков. Имитационное моделирование. М.: Логос, 2003. 357 с.
22. Инновации и новые технологии в сфере ЖКХ. <https://www.rc-online.ru/about/smi/innovatsii-i-novye-tehnologii-v-sfere-zhkhk>.
23. КЭФ-2017: Информационные технологии в сфере ЖКХ. <http://www.aetp.ru/news/item/410261>.
24. А. Е. Паршков. Информационные технологии и их применение в сфере жилищно-коммунального хозяйства//Техника. Технологии. Инженерия. 2018. № 1. С. 14-17. <https://moluch.ru/th/8/archive/76/3012>.
25. А. Р. Саятгареев, Г. А. Гареева, Д. Р. Григорьева. Эффективность использования информационных технологий в экономической системе России//Молодой ученый. 2016. № 28. С. 526-529. <https://moluch.ru/archive/132/36970>.
26. Цифровизация ЖКХ. <https://www.osp.ru/cw/2017/10/13052377>.
27. А. М. Афонин, Ю. Н. Царегородцев, А. М. Петрова, Ю. Е. Ефремова. Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации: учебное пособие. М.: Форум, 2011. 192 с.
28. Д. В. Горбачев, Э. Г. Хакимова. Обзор современных информационных технологий автоматизации деятельности в сфере ЖКХ//Молодой ученый. 2015. № 13. С. 33-35. <https://moluch.ru/archive/93/20566>.
29. А. Г. Евдокимов, А. Д. Тевяшев, В. В. Дубовицкий. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях. М.: Стройиздат, 1990. 368 с.

### References

1. D. A. Serov, I. V. Ilin, A. I. Levina. Informacionno-tehnologicheskie faktory perekhoda k cenostno-orientirovannoj modeli upravleniya vodosnabzheniem//Nauka i biznes: puti razvitiya. 2019. № 7 (97). S. 150-156.
2. I. V. Ilin, O. V. Rostova. Metody i modeli upravleniya investitsiyami. Uchebnoe posobie dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchayushchihhsya po napravleniyu podgotovki magistrrov «Sistemnyj analiz i upravlenie». 2-e izd. Sankt-Peterburg, 2015.
3. I. V. Ilin, A. I. Lyovina. Metody i modeli finansovogo menedzhmenta. Sankt-Peterburg, 2016.
4. A. V. Komissarov. Teoriya i tekhnologiya lazernogo skanirovaniya dlya prostranstvennogo modelirovaniya territorij. Avtoreferat diss. na soiskanie uchyonoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Novosibirsk, 2015.
5. N. V. D'yachenko. Ispol'zovanie GIS-tehnologij v reshenii zadach upravleniya. <http://www.nocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html>.
6. I. G. Zhurkin, S. V. Shajtura. Geoinformacionnye sistemy. M.: «KUDIC-PRESS», 2009.
7. O. Krasovskaya, S. Skatershchikov, S. Tyasto, D. Hmelefa. GIS v sisteme territorial'nogo planirovaniya i upravleniya territoriej//ArcReview. 2003. № 3 (38).
8. A. N. Kryuchkov, S. A. Samodumkin, M. D. Stepanova, N. A. Gulyakina. Intellektual'nye tekhnologii v geoinformacionnyh sistemah: ucheb. posobie, s izm/Pod nauch. red. V. V. Golenkova. Mn.: BGUIR, 2006.
9. S. Skatershchik. GIS v gradostroitel'nom proektirovanii i upravlenii territoriyami//ArcReview. № 3 (18). 2001.
10. Yu. P. Adler, E. V. Markova, Yu. V. Granovskij. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij. M.: Nauka, 1976. 279 s.
11. A. V. Prohorov, I. V. Ilin. Modelirovanie transportnoj infrastruktury promyshlennykh klasterov s ispol'zovaniem informacionno-analiticheskikh sistem//Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki. 2012. № 3 (149). S. 61-65.
12. N. V. D'yachenko. Opyt razrabotki informacionno-analiticheskikh sistem podderzhki prinyatiya upravlencheskikh reshenij. <http://www.nocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html>.
13. V. P. Grahov, S. A. Mohnachev, A. H. Ishtryakov. Razvitie sistem BIM-proektirovaniya kak element konkurentosposobnosti//Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 1-1.
14. L. A. Nefedova, S. E. Kalyazina, A. A. Lepekhin. Organizatsiya i IT-podderzhka serijnogo proizvodstva s primeneniem additivnykh tekhnologij//Nauka i biznes: puti razvitiya. № 3 (93). 2019. S. 49-52.
15. V. V. Talapov. Osnovy BIM: vvedenie v informacionnoe modelirovanie zdaniy. M.: Izdatel'stvo DМК Press, 2011. 392 s.
16. V. F. Bekker. Modelirovanie himiko-tehnologicheskikh ob'ektov upravleniya: uchebnoe posobie. M.: IC RIOR, NIC INFRA-M, 2014. 142 s.
17. A. Yu. Zakgejm. Obschchaya himicheskaya tekhnologiya: Vvedenie v modelirovanie himiko-tehnologicheskikh processov: uchebnoe posobie. M.: Univ. kniga, Logos, 2012. 304 s.
18. A. A. Samarskij. Matematicheskoe modelirovanie. M.: Fizmatlit, 2002. 347 s.
19. S. V. Sumarokov. Matematicheskoe modelirovanie sistem vodosnabzheniya. Novosibirsk: Nauka, 1983. 167 s.
20. N. B. Koblelev, V. A. Polovnikov, V. V. Devyatkov. Imitacionnoe modelirovanie: uchebnoe posobie. M.: KURS, NIC INFRA-M, 2013. 368 s.
21. Yu. I. Ryzhikov. Imitacionnoe modelirovanie. M.: Logos, 2003. 357 s.
22. Innovatsii i novye tekhnologii v sfere ZHKKH. <https://www.rc-online.ru/about/smi/innovatsii-i-novye-tehnologii-v-sfere-zhkhk>.
23. KEF-2017: Informacionnye tekhnologii v sfere ZHKKH. <http://www.aetp.ru/news/item/410261>.
24. A. E. Parshkov. Informacionnye tekhnologii i ih primeneniye v sfere zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva//Tekhnika. Tekhnologii. Inzheneriya. 2018. № 1. S. 14-17. <https://moluch.ru/th/8/archive/76/3012>.
25. A. R. Saitgaraev, G. A. Gareeva, D. R. Grigor'eva. Effektivnost' ispol'zovaniya informacionnykh tekhnologij v ekonomicheskoy sisteme Rossii//Molodoj uchenyj. 2016. № 28. S. 526-529. <https://moluch.ru/archive/132/36970>.
26. Cifrovizatsiya ZHKKH. <https://www.osp.ru/cw/2017/10/13052377>.
27. A. M. Afonin, Yu. N. Caregorodcev, A. M. Petrova, Yu. E. Efreмова. Teoreticheskie osnovy razrabotki i modelirovaniya sistem avtomatizatsii: uchebnoe posobie. M.: Forum, 2011. 192 s.
28. D. V. Gorbachev, E. G. Hakimova. Obzor sovremennykh informacionnykh tekhnologij avtomatizatsii deyatel'nosti v sfere ZHKKH//Molodoj uchenyj. 2015. № 13. S. 33-35. <https://moluch.ru/archive/93/20566>.
29. A. G. Evdokimov, A. D. Teyashev, V. V. Dubovickij. Modelirovanie i optimizatsiya potokoraspredeleniya v inzhenernyh setyah. M.: Strojizdat, 1990. 368 s.