

УДК 338.45:628.1:502.131.1

DOI: 10.25806/uu-6381

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

А.К. Ракишева, О.А. Гаврилова

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань,
e-mail: anna_ln1@mail.ru, gavdiridpo@yandex.ru

Аннотация. В статье исследуются теоретические и методологические подходы к определению экономических основ экологизации деятельности предприятий водоснабжения. Актуальность темы обусловлена критическим состоянием водных объектов, высоким уровнем износа инфраструктуры жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) и необходимостью реализации Национального проекта «Экология». Цель работы – систематизация концептуальных подходов и разработка авторского определения категории «экологизация деятельности предприятия водоснабжения» с учетом современных требований ESG, циркулярной экономики и цифровизации. В статье проанализирована эволюция понятия «экологизация», систематизированы ключевые принципы: устойчивость, превентивность, ресурсоэффективность, адаптивность, определена роль водоканалов в охране окружающей среды, а также рассмотрены экономические механизмы стимулирования природоохранной деятельности. Проведен экономический анализ эффективности проекта реконструкции очистных сооружений. Сделан вывод о необходимости трансформации экологических обязательств из статьи затрат в источник долгосрочной эффективности.

Ключевые слова: экологизация, водоснабжение, водоотведение, устойчивое развитие, ESG-критерии, циркулярная экономика, наилучшие доступные технологии (НДТ), «зеленое» финансирование, экономика природопользования.

ECONOMIC MECHANISMS FOR GREENING THE ACTIVITIES OF WATER SUPPLY ENTERPRISES AND METHODS FOR ASSESSING THEIR EFFECTIVENESS

A.K. Rakisheva, O.A. Gavrilova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Astrakhan State Technical University», Astrakhan,
e-mail: anna_ln1@mail.ru, gavdiridpo@yandex.ru

Abstract. This article explores theoretical and methodological approaches to defining the economic foundations for greening water supply companies. The relevance of this topic is driven by the critical state of water bodies, the high level of deterioration of housing and public utilities infrastructure, and the need to implement the National Ecology Project. The aim of this work is to systematize conceptual approaches and develop a unique definition of the category “greening water supply companies” taking into account modern ESG requirements, the circular economy, and digitalization. The article analyzes the evolution of the concept of “greening,” systematizes key principles such as sustainability, prevention, resource efficiency, and adaptability, defines the role of water utilities in environmental protection, and examines economic mechanisms for incentivizing environmental protection. An economic analysis of the effectiveness of a wastewater treatment plant reconstruction project is conducted. It concludes that environmental obligations need to be transformed from a cost item into a source of long-term efficiency.

Keywords: greening, water supply, sanitation, sustainable development, ESG criteria, circular economy, best available technologies (BAT), green financing, environmental economics.

Дата поступления статьи в редакцию: 02.08.2026

Дата принятия статьи в печать: 28.09.2026

Введение

В условиях глобального дефицита водных ресурсов и ужесточения экологических стандартов деятельность предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (далее ВКХ) выходит за рамки оказания коммунальных услуг, приобретая стратегическое значение для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития территорий. Россия располагает крупными запасами пресной воды, однако в густонаселённых регионах нагрузка на водные объекты близка

к критической. В бассейнах Кубани, Дона и Терека водохозяйственную обстановку Росводресурс оценивает как напряжённую; в целом по стране износ очистных сооружений доходит до 65-70% [1]. Через сети ежегодно теряется около 40% воды, ещё порядка 30% стоков сбрасывается без достаточной очистки. Суммарный ущерб экономике от этого оценивается в 120-150 млрд рублей в год [2].

Государство отреагировало на ситуацию целями Национального проекта «Экология» на 2024-2030 годы. Главная из них - вдвое сократить сброс загрязнённых сточных вод к 2030 году. Такой результат недостижим отдельными локальными мерами: нужна перестройка самой модели работы отрасли, то есть её экологизация.

Статья решает три задачи. Первая - систематизировать и уточнить теоретические подходы к определению экологизации применительно к предприятиям водоснабжения. Вторая - обобщить принципы и экономические механизмы, которые обеспечивают этот процесс. Третья - апробировать методические подходы к оценке эффективности природоохранных инвестиций на примере реконструкции очистных сооружений.

Результаты исследования

Концептуальные подходы к определению экологизации в водном хозяйстве

Экологизация экономической деятельности представляет собой процесс интеграции экологических требований и принципов устойчивого развития в хозяйственную практику. В современном контексте это не просто снижение вреда, а трансформация, направленная на создание положительного экологического и социального капитала. Ключевым драйвером этой трансформации выступает распространение ESG-критериев (Environmental, Social, Governance/Экологическое, социальное и корпоративное управление) в инвестиционной и корпоративной практике, формализованных в 2004 году в отчете «Who Cares Wins» [3].

Теоретической базой экологизации выступает концепция устойчивого развития, представленная в докладе Комиссии Брундтланд «Наше общее будущее» (1987 г.) и определяемая как развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не подрывая способности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Данная концепция устанавливает триединый принцип баланса экономической эффективности, социальной справедливости и экологической устойчивости. Дальнейшее развитие эти идеи получили в концепциях «зеленой экономики» (Программа ООН по окружающей среде, UNEP) и циркулярной экономики (Фонд Эллен Макартур), которые противопоставляются традиционной линейной модели «бери - производи - выбрасывай». Применительно к водному хозяйству это означает переход от модели «забор - очистка - сброс» к модели многократного использования, восстановления ресурсов и формирования замкнутых циклов водопользования [4].

Анализ научных подходов к понятию «экологизация» применительно к водному хозяйству, представленный в таблице 1, показывает движение от узких технологических трактовок к комплексным стратегическим подходам.

Таблица 1

Развитие подходов к понятию экологизации в водном хозяйстве

Год	Автор	Определение	Ключевой акцент
1991	Г.П. Салов, В.Г. Гейнц	Комплекс мероприятий по сокращению водопотребления и загрязнения	Технологический подход
2005	А.Д. Думнов	Процесс структурной перестройки на основе устойчивого развития	Институциональный подход
2012	В.И. Данилов-Данильян	Переход к замкнутым циклам водопользования	Принцип замкнутости
2019	С.Н. Бобылев	Трансформация механизмов, интегрирующая экологические издержки	Интернализация издержек
2021	Д.С. Орлов	Стратегический процесс, объединяющий внедрение наилучших доступных технологий (далее НДТ), адаптацию к изменению климата и создание экономически устойчивой модели.	Стратегический подход

На основе анализа эволюции концепции и современных требований (ESG, TCFD, TNFD) предлагается авторское определение экологизации деятельности предприятия водоснабжения как стратегической и системной трансформации его бизнес-модели, операционной деятельности и цепочки создания стоимости, направленной на достижение углеродной нейтральности и положительного экологического баланса. Данная трансформация осуществляется на основе конвергенции принципов циркулярной экономики (замкнутости водных, энергетических и материальных потоков), ESG-подхода, как основы управления рисками и привлечения финансирования и комплексной цифровизации. Ключевой целью является создание комплексной ценности, интегрирующей долгосрочную экономическую устойчивость, экологическую регенеративность и социальную инклюзивность.

Принципы экологизации и роль предприятия водоснабжения в охране окружающей среды

Работа предприятий водоснабжения опирается на несколько взаимосвязанных принципов:

Первый принцип - устойчивое развитие и справедливость между поколениями. Воду следует расходовать так, чтобы не подорвать способность экосистем к самовосстановлению и не лишить будущие поколения доступа к ресурсу. На практике это означает сохранение водоохранных зон и долгосрочное тарифное регулирование.

Второй принцип - превентивность. Загрязнение проще не допустить, чем потом устранять его последствия, поэтому средства направляются в защиту источников и постоянный мониторинг их состояния.

Третий принцип касается ресурсной и энергетической эффективности: удельное водопотребление и энергозатраты должны снижаться. Значимость этого направления видна из структуры затрат водоканалов - на энергопотребление приходится до 50-60% операционных расходов [5].

Четвёртый принцип - расширенная ответственность производителя. Предприятие отвечает за экологические последствия на всём пути воды: от забора из источника до утилизации осадка, что подталкивает к внедрению наилучших доступных технологий и прозрачной отчётности.

Пятый принцип - интеграция и системность. Экологические требования встраиваются во все бизнес-процессы предприятия через систему экологического менеджмента ISO 14001, а само предприятие включается в городские системы «умного города».

Шестой принцип - адаптивность и климатическая устойчивость. Засухи, паводки и другие климатические риски учитываются заранее, для них разрабатываются планы адаптации.

Предприятия ВКХ играют двойственную роль: они являются одновременно и субъектом, оказывающим негативное воздействие (забор воды, сброс стоков, энергопотребление), и ключевым агентом, обеспечивающим экологическую безопасность.

В секторе водоснабжения и водоотведения можно выделить несколько основных источников нагрузки на окружающую среду:

Первый - забор воды из природных источников. Российские предприятия ВКХ работают с повышенной нагрузкой на водные объекты, особенно там, где высока плотность населения. В бассейнах Волги и Дона водохозяйственная нагрузка в 2-3 раза выше среднемирового уровня. Это нарушает естественный гидрологический режим и в маловодные периоды создаёт угрозу деградации водных экосистем [1].

Второй источник - сброс сточных вод. Ежегодно в стране сбрасывается 15,5 км³ стоков, из них 3,2 км³ (20,6%) - загрязнённые, а 5,8 км³ (37,4%) - недостаточно очищенные [2]. Для жилищно-коммунального хозяйства особенно остро стоит проблема биогенных элементов - азота и фосфора. Их поступление в водоёмы вызывает эвтрофикацию: вода «цветёт», качество её падает, водные экосистемы постепенно деградируют.

Третий источник - осадок, который образуется при очистке стоков. В стране ежегодно накапливается 10-12 млн тонн таких отходов, а перерабатывается не более пятой части. Остальное размещают на иловых площадках: под них уходят ценные земли, а фильтрат создаёт риск загрязнения подземных вод.

Наконец, четвёртый источник - высокая энергоёмкость технологических процессов. Водоснабжение и водоотведение входят в число наиболее энергоёмких отраслей коммунальной инфраструктуры. По оценкам Международного энергетического агентства, на них приходится около 4% мирового потребления электроэнергии [6]. В России показатель выше среднемирового - сказываются износ основных фондов, потери воды при транспортировке и недостаток энергоэффективного оборудования.

Точкой роста для водохозяйственного комплекса стал Национальный проект «Экология». Входящий в него федеральный проект «Обеспечение чистой воды» задаёт ориентир - сократить сброс загрязнённых сточных вод вдвое к 2030 году относительно базового 2022 года. Задача требует крупных вложений: Аналитический центр при Правительстве РФ оценивает их в 3,5-4 трлн рублей [7].

Решить её предполагается за счёт нескольких механизмов. Это комплексная модернизация очистных сооружений на основе наилучших доступных технологий, оснащение выпусков системами автоматического контроля состава и объёма стоков, а также ликвидация объектов накопленного экологического вреда, которые годами оказывают хроническое воздействие на водные объекты.

Экономические механизмы и методы оценки эффективности экологизации

Экономический механизм экологизации на предприятиях водоснабжения объединяет три группы инструментов: меры государственного регулирования, рыночные механизмы и методы оценки эффективности инвестиций. В российской практике фискальные инструменты, доставшиеся от прежней системы, соседствуют с более новыми подходами - они нацелены на стимулирование природоохранной деятельности и привлечение долгосрочных средств.

Основу механизма составляет плата за негативное воздействие на окружающую среду, построенная на принципе «загрязнитель платит». Но сравнение с европейской практикой показывает: российские ставки в 3-5 раз ниже, чем в странах Евросоюза [8]. Из-за этого плата плохо выполняет стимулирующую функцию. Многим предприятиям выгоднее платить установленные сборы и сохранять текущий уровень загрязнения, чем вкладывать средства в модернизацию очистных сооружений. В итоге плата теряет превентивный смысл и превращается в разновидность налога.

Чтобы компенсировать высокую стоимость природоохранных мероприятий, Налоговый кодекс предусматривает ряд льгот и преференций. В частности, статья 259.3 НК РФ позволяет применять повышающий коэффициент (не выше 2) к норме амортизации в отношении основных средств природоохранного назначения, что ускоряет перенос стоимости оборудования на себестоимость услуг и улучшает показатели возвратности инвестиций. Кроме того, в соответствии со статьями 381 и 286.1 НК РФ, налогоплательщики могут воспользоваться освобождением от налога на имущество в отношении энергоэффективных объектов, а также применить инвестиционный налоговый вычет по налогу на прибыль при приобретении или модернизации природоохранного оборудования. Данные меры направлены на снижение фискальной нагрузки в период активной инвестиционной фазы.

Наряду с традиционными фискальными инструментами в последние годы активно развиваются рыночные механизмы «зеленого» финансирования. Наиболее значимым из них выступают «зеленые» облигации - долговые ценные бумаги, эмитируемые для финансирования проектов с подтвержденным экологическим эффектом. По данным Climate Bonds Initiative, глобальный рынок «зеленых» облигаций в 2023 году достиг 500 млрд. долларов США. В Российской Федерации первые выпуски таких облигаций осуществили ВЭБ РФ, ПАО «РусГидро», а также город Москва. Однако доступность данного инструмента для региональных и муниципальных предприятий водопроводно-канализационного хозяйства остается ограниченной в силу высоких транзакционных издержек и требований к верификации проектов.

Важным каналом привлечения частных инвестиций выступают механизмы государственно-частного партнерства и концессионные соглашения. Примером успешной реализации такого подхода является проект строительства и реконструкции очистных сооружений канализации в городе Ростове-на-Дону, реализованный с участием международных финансовых институтов. Концессионная модель позволяет распределить риски между государством и инвестором, а также обеспечить долгосрочное (до 25-30 лет) управление инфраструктурным объектом.

Особое место в системе стимулирования экологизации занимает метод тарифного регулирования RAB (Regulatory Asset Base - регулируемая база инвестированного капитала). Данный подход позволяет включать в тариф на услуги водоснабжения и водоотведения не только текущие эксплуатационные расходы, но и инвестиционную составляющую, обеспечивающую возвратность вложенного капитала и гарантированную доходность для инвестора. По состоянию на начало 2024 года более 60% крупных предприятий водопроводно-канализационного хозяйства России либо уже перешли на методологию RAB-регулирования, либо находятся в процессе такого перехода [9].

Методология оценки эффективности экологизации

Для обоснования инвестиционных решений в сфере экологизации и количественной оценки их результативности применяются специализированные методы, позволяющие учесть как прямые экономические эффекты, так и совокупное экологическое воздействие на протяжении жизненного цикла проектов.

Одним из таких методов является анализ жизненного цикла (Life Cycle Assessment, LCA), стандартизированный международными нормами ISO 14040:2006. LCA представляет собой методологию количественной оценки экологических воздействий продукта, процесса или услуги на всех этапах его существования - от добычи сырья до конечной утилизации отходов. Применительно к деятельности предприятий водоснабжения данный подход позволяет проследить экологический след услуги с учетом потребления энергии, расхода реагентов, образования отходов и выбросов. Практическая ценность LCA заключается в возможности выявления скрытых экологических эффектов, не очевидных при рассмотрении только непосредственной стадии очистки. Показательным примером служит исследование, выполненное на базе очистных сооружений МУП «Водоканал» г. Казани, в рамках которого проведен сравнительный анализ двух технологий обеззараживания сточных вод - традиционного хлорирования и ультрафиолетового облучения. Результаты показали, что переход на ультрафиолет позволяет снизить энергопотребление на 15%, сократить выбросы парниковых газов (в CO₂-эквиваленте) на 23%, а также уменьшить образование токсичных хлорорганических соединений на 90% [10].

Другим ключевым инструментом обоснования инвестиционных решений является анализ «затраты-выгоды» (Cost-Benefit Analysis, CBA). В Российской Федерации методологические подходы к его проведению регламентируются ГОСТ Р 54598.1-2015. Данный метод позволяет сопоставить все виды издержек, связанных с реализацией проекта, и все положительные последствия от его осуществления, выраженные в денежной форме.

Для иллюстрации возможностей метода выполнен расчет эффективности проекта реконструкции городских очистных сооружений канализации. В качестве объекта выбрана Астраханская область, что обусловлено высокой экологической значимостью водных объектов (дельты реки Волги) и характерными для многих муниципалитетов проблемами в сфере очистки сточных вод. Проектная мощность сооружений принята равной 120 тыс. м³ в сутки. Капитальные затраты на реализацию проекта оцениваются в 3,5 млрд. рублей; они включают строительно-монтажные работы, приобретение технологического оборудования для глубокой биологической очистки и механического обезвреживания осадка. Прогнозируемые ежегодные эксплуатационные расходы после завершения реконструкции составят 250 млн. рублей. В составе выгод от реализации проекта учтены три основных источника: снижение платежей за негативное воздействие на окружающую среду за счет приведения качества сбросов в соответствие с установленными нормативами (400 млн. руб. в год); доход от реализации обезвоженного и обеззараженного осадка сточных вод в качестве органоминерального удобрения (100 млн руб. в год, исходя из прогнозируемого объема образования 40-50 тыс. тонн и сложившихся рыночных цен в регионе); предотвращение административных штрафов за превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (50 млн руб. в год). Таким образом, совокупный чистый годовой денежный поток составляет 300 млн. рублей.

На основе полученных данных рассчитаны показатели экономической эффективности. Простой срок окупаемости капитальных вложений составляет около 11,7 лет. Для учета фактора времени и неравноценности денежных потоков, возникающих в разные периоды, выполнена дисконтированная оценка. При ставке дисконтирования 12%, что отражает повышенные риски инвестирования в инфраструктурные проекты жилищно-коммунального хозяйства в российских условиях и горизонте расчета 15 лет, соответствующем типичному сроку службы основного технологического оборудования, чистая приведенная стоимость проекта (NPV) составляет около 800 млн рублей. Положительное значение NPV свидетельствует о том, что дисконтированные выгоды превышают дисконтированные затраты, и проект может быть признан экономически целесообразным, несмотря на длительный срок окупаемости.

Помимо прямых выгод, проект обладает значительным социально-экологическим эффектом: снижение нагрузки на экосистему дельты Волги, улучшение качества воды для населения городов и поселков ниже по течению, сохранение биоразнообразия.

Проблемы экологизации и направления совершенствования ее экономического механизма

Проведенный анализ позволяет выявить ряд системных барьеров, препятствующих широко-масштабной экологизации предприятий водопроводно-канализационного хозяйства. Указанные ограничения неоднородны по своей природе, поэтому и подходы к их преодолению должны различаться. Это определяет необходимость последовательного рассмотрения каждого барьера.

1. Финансовые барьеры представляют собой наиболее существенное препятствие для ускоренной модернизации водохозяйственной инфраструктуры. Стоимость реконструкции очистных сооружений исчисляется миллиардами рублей даже для объектов средней мощности, а сроки окупаемости в большинстве случаев превышают десять лет. Подобные условия делают проекты малопривлекательными для частных инвесторов, ориентированных на возврат вложений в течение 5-7 лет, что соответствует стандартным инвестиционным циклам в большинстве отраслей экономики. Дефицит доступных «длинных» денег на российском финансовом рынке, а также ограниченный доступ региональных и муниципальных предприятий водопроводно-канализационного хозяйства к инструментам «зеленого» финансирования, включая «зеленые» облигации, усугубляют данную проблему. Бюджетные средства, выделяемые в рамках федеральных целевых программ, распределяются на конкурсной основе и покрывают лишь часть общей потребности в инвестициях, оцениваемой, по данным Аналитического центра при Правительстве РФ, в 3,5-4 трлн рублей до 2030 года [7]. Сложившаяся ситуация приводит к тому, что многие предприятия вынуждены откладывать или сворачивать инвестиционные программы, ограничиваясь точечными ремонтами вместо системной модернизации.

Для преодоления финансовых барьеров необходим комплекс мер, направленных на расширение доступных источников долгосрочного финансирования. В первую очередь требуется масштабирование практики выпуска «зеленых» облигаций, что предполагает развитие методологической базы верификации экологических проектов и снижение транзакционных издержек для эмитентов. Вслед за крупными корпорациями и субъектами Федерации, уже разместившими подобные инструменты (ВЭБ.РФ, ПАО «РусГидро», г. Москва), региональные и муниципальные предприятия ВКХ должны получить возможность выхода на этот рынок через консолидированные выпуски или с использованием гарантийных механизмов. Представляется обоснованным расширение программ льготного кредитования, предусматривающих ставки в диапазоне 3-5% годовых. Указанные условия сопоставимы с параметрами финансирования инфраструктурных проектов в государствах Европейского союза, осуществляемого при поддержке Европейского банка реконструкции и развития. Наряду с этим применение механизмов государственно-частного партнёрства и концессионных соглашений обеспечивает распределение инвестиционных рисков между государством и частным инвестором, а также долгосрочное управление инфраструктурными объектами (до 25-30 лет) при гарантированной доходности вложенного капитала.

2. Вторую группу ограничений образуют нормативные риски, усиливающие неопределённость долгосрочного инвестиционного планирования в сфере водоснабжения и водоотведения. На протяжении последних пяти лет нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для рыбохозяйственных водных объектов подвергались неоднократному пересмотру, причём направления корректировок различались. В отношении биогенных элементов - азота и фосфора - требования последовательно ужесточались, что продиктовано задачами противодействия эвтрофикации водных объектов и гармонизации отечественных стандартов с наилучшими доступными технологиями. По ряду специфических загрязняющих веществ, в том числе по отдельным формам нефтепродуктов и соединениям тяжёлых металлов, напротив, отмечалось смягчение ранее установленных нормативов. Разработчики обосновывали такие решения технической недостижимостью прежних значений для большинства предприятий.

Подобная нестабильность нормативно-правовой базы формирует регуляторные риски: капитальные вложения, произведённые в соответствии с действующими требованиями, способны оказаться недостаточными либо неэффективными после очередного пересмотра нормативов. Наибольшую значимость указанная проблема приобретает при планировании проектов, срок окупаемости которых превышает 10 лет, поскольку прогнозирование изменений регуляторной среды на подобном горизонте представляет собой критически важную, но вместе с тем крайне сложную задачу.

В целях снижения нормативных рисков необходимо обеспечить стабильность и предсказуемость экологических требований на горизонте, соответствующем типичному сроку службы основного технологического оборудования – не менее 10-15 лет. Такая стабильность может быть достигнута через законодательное закрепление «периодов стабильности» нормативов, в течение которых требования к качеству сбросов не пересматриваются в сторону ужесточения при условии, что предприятие внедрило наилучшие доступные технологии и достигло установленных показателей. Параллельно требуется продолжение работы по гармонизации российских экологических стандартов с международными требованиями, включая Рамочную директиву ЕС по водной политике (2000/60/ЕС), что позволит предприятиям ориентироваться на общепризнанные мировые практики при технологическом планировании. Важным направлением является также утверждение и актуализация отраслевых информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, которые содержат не только технологические стандарты, но и экономические показатели удельных затрат, позволяющие верифицировать эффективность реализуемых проектов.

3. Третью группу ограничений образуют организационно-методические барьеры. Они связаны с тем, что современные методы оценки эффективности пока не интегрированы в практику подготовки, обоснования и экспертизы проектов водохозяйственной инфраструктуры. Конкурсная документация по проектам в сфере водоснабжения и водоотведения ориентирована главным образом на минимизацию начальной (контрактной) цены и на соблюдение формальных технических требований, закреплённых строительными нормами и правилами. Оценка экологических последствий на протяжении жизненного цикла объекта и анализ долгосрочной экономической эффективности в число обязательных критериев выбора подрядчика или технологического решения не входят. Результатом становится реализация проектов, которые при относительно невысокой стоимости строительства отличаются завышенными эксплуатационными затратами и значительным совокупным воздействием на окружающую среду на всём протяжении срока службы. В мировой практике подобная ситуация получила название «ложной экономии»: экономия на начальном этапе оборачивается многократными дополнительными расходами на последующих этапах жизненного цикла объекта.

Преодоление указанных барьеров предполагает включение методологий анализа жизненного цикла (LCA) и анализа «затраты-выгоды» (CBA) в обязательный перечень процедур проектного обоснования для объектов, финансируемых с привлечением бюджетных средств либо реализуемых в рамках государственно-частного партнёрства. Представляется целесообразным законодательно закрепить требование о проведении LCA-оценки для всех инвестиционных проектов в сфере водоснабжения и водоотведения, мощность которых превышает установленный пороговый уровень. Это даст возможность уже на стадии проектирования сопоставлять альтернативные технологические решения не только по капитальным затратам, но и по совокупному экологическому следу, а также по эксплуатационным расходам на протяжении всего расчётного периода. Наряду с этим необходима разработка отраслевых методических рекомендаций по применению LCA и CBA, адаптированных к специфике водного хозяйства и учитывающих российские нормативно-правовые и природно-климатические условия. Цифровизация указанных процессов, включающая внедрение специализированного программного обеспечения (SimaPro, GaBi, openLCA) и формирование отраслевых баз данных по удельным показателям воздействия для типовых технологических процессов, позволит заметно снизить трудоёмкость оценок и превратить их в рутинную практику проектных организаций.

4. Кадровый дефицит выступает еще одним значимым ограничением, препятствующим системной экологизации отрасли. Реализация методологий LCA и CBA, внедрение цифровых систем управления, переход на наилучшие доступные технологии и управление сложными инфраструктурными проектами требуют наличия специалистов, обладающих междисциплинарными компетенциями на стыке экологии, экономики, инженерных дисциплин и информационных технологий. Анализ ситуации на рынке труда, включая данные крупнейших рекрутинговых платформ и отраслевых ассоциаций, свидетельствует о крайне ограниченном предложении таких специалистов. По экспертным оценкам, доля вакансий, сочетающих требования к квалификации в области экологического нормирования, экономического моделирования и проектного анализа, в регио-

нах России составляет менее пяти процентов от расчетной потребности, определяемой масштабами планируемой модернизации. Особенно остро данная проблема проявляется в регионах, удаленных от федеральных центров, где возможности привлечения высококвалифицированных кадров ограничены, а система подготовки и переподготовки специалистов не успевает за быстро меняющимися требованиями к компетенциям.

Развитие кадрового потенциала отрасли предполагает реализацию комплекса мер на федеральном и региональном уровнях. Прежде всего, требуется актуализировать образовательные стандарты и программы высшего образования по направлениям «Экология и природопользование», «Экономика», «Строительство», «Водоснабжение и водоотведение». В указанные программы следует включить междисциплинарные модули, которые объединяют знания в области экологического нормирования, экономического анализа, цифрового моделирования и управления проектами. Целесообразно создание и финансирование федеральных и региональных программ переподготовки и повышения квалификации для сотрудников предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, специалистов проектных организаций и работников контрольно-надзорных органов. Эффективным инструментом может стать развитие корпоративных университетов и центров компетенций на базе крупнейших предприятий отрасли (АО «Мосводоканал», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»), которые могли бы тиражировать передовой опыт и выступать в роли методических центров для региональных водоканалов. Кроме того, требуется активизация взаимодействия между отраслевыми предприятиями и профильными кафедрами вузов через систему целевого обучения, стажировок и совместных научно-исследовательских проектов, что позволит обеспечить приток молодых специалистов, обладающих актуальными компетенциями, в реальный сектор экономики.

Для преодоления этих барьеров необходима реализация комплекса мер:

В сфере финансирования необходимо масштабировать практику выпуска «зелёных» облигаций, расширять льготное кредитование по ставкам 3-5% годовых и активнее задействовать механизмы государственно-частного партнёрства. Тарифная политика требует повсеместного внедрения RAB-регулирования и так называемых умных тарифов, которые формируют у предприятий стимулы к снижению потерь и повышению энергоэффективности. Цифровизация управления связана с внедрением цифровых двойников очистных сооружений (такой опыт уже накоплен АО «Мосводоканал») и специализированного программного обеспечения для LCA-оценок (SimaPro, GaBi). Это позволяет оптимизировать решения уже на стадии проектирования. Нормативную базу необходимо гармонизировать и стабилизировать - обеспечить предсказуемость экологических требований на горизонте 10-15 лет. Отдельного направления требует стимулирование циркулярных моделей. Речь идёт о создании экономических стимулов, в том числе налоговых льгот, для коммерциализации вторичных ресурсов - извлечения фосфора, реализации биогаза. Показателен опыт Нидерландов, где технология струвитного осаждения превращает утилизацию осадков в источник дохода и снижает зависимость страны от импорта удобрений. И, наконец, развитие кадрового потенциала предполагает актуализацию образовательных программ и запуск программ переподготовки специалистов.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать ряд выводов, имеющих значение для развития теоретических представлений об экологизации деятельности предприятий водоснабжения и совершенствования экономических механизмов её реализации.

Экологизация предприятий водопроводно-канализационного хозяйства - процесс сложный и многоаспектный. Он прошёл путь от разрозненных технологических мероприятий до стратегической трансформации бизнес-модели. Авторское определение, предложенное в работе, делает акцент на интеграции принципов ESG, циркулярной экономики и цифровизации. Такая интеграция нацелена на создание комплексной ценности, где сочетаются экономическая эффективность, экологическая устойчивость и социальная ответственность.

Концептуальную основу практических мер по экологизации образует система взаимосвязанных принципов: устойчивость, превентивность, ресурсная и энергетическая эффективность, расширенная ответственность производителя, системность и интеграция, адаптивность к климатическим изменениям. Эти принципы задают ориентиры для управленческих и инвестиционных решений на всех уровнях - от операционного до стратегического.

Роль предприятий водоснабжения в обеспечении экологической безопасности двойственна. Их деятельность связана с негативным воздействием на гидросферу: забором воды, сбросом недостаточно очищенных стоков, образованием осадков, высокой энергоёмкостью. В то же время модернизация и экологизация этих предприятий – необходимое условие выполнения задач Национального проекта «Экология», в частности снижения объёма сброса загрязнённых сточных вод на 50% к 2030 году.

Анализ экономических механизмов стимулирования экологизации показал следующее. Традиционные фискальные инструменты, прежде всего платежи за негативное воздействие на окружающую среду, в России работают слабо: ставки занижены и не создают достаточных стимулов к технологической модернизации. Основной потенциал связан с рыночными инструментами «зелёного» финансирования, включая «зелёные» облигации и механизмы государственно-частного партнёрства, а также с совершенствованием тарифной политики на основе RAB-регулирования. Этот метод позволяет закладывать инвестиционную составляющую в тариф и обеспечивать возвратность капитала.

Модельный расчёт по методологии анализа «затраты-выгоды» (СВА), выполненный для реконструкции очистных сооружений мощностью 120 тыс. м³ в сутки в условиях Астраханской области, подтвердил долгосрочную экономическую целесообразность подобных инвестиций. Чистая приведённая стоимость (NPV) составила 800 млн руб. при ставке дисконтирования 12% и горизонте расчёта 15 лет. Положительное значение NPV означает, что экологизация может рассматриваться не только как затратная необходимость, но и как экономически эффективная стратегия, обеспечивающая возврат вложенных средств и дополнительный доход от реализации вторичных ресурсов.

В ходе исследования выявлены основные барьеры, препятствующие ускоренной экологизации отрасли. Это высокая капиталоемкость проектов и дефицит долгосрочных инвестиционных ресурсов на льготных условиях; нестабильность экологических нормативов и ограниченная гармонизация с международными стандартами; отсутствие обязательной интеграции методов LCA и СВА в процедуры проектного обоснования и государственных закупок; недостаток специалистов с междисциплинарными компетенциями на стыке экологии, экономики и инженерии. Предложены направления преодоления этих барьеров: развитие инструментов «зелёного» финансирования, цифровизация процессов управления и проектного анализа, стабилизация нормативно-правовой базы, внедрение циркулярных бизнес-моделей и системная подготовка кадров.

Таким образом, успешная реализация экологизации предприятий водоснабжения возможна только на основе комплексного подхода, объединяющего усилия государства, в части создания стимулирующего регулирования и прямого финансирования приоритетных проектов, бизнеса, в части внедрения инновационных технологий и современных управленческих практик и научно-образовательного сообщества, в части развития методологической базы и подготовки квалифицированных кадров. Реализация такого подхода является необходимым условием для перехода водохозяйственного комплекса России на траекторию устойчивого развития и сохранения водных ресурсов для будущих поколений.

Литература

1. О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Росгидромет, 2023. 524 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (дата обращения 20.07.2026).
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2023. 687 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022_/?sphrase_id=1052944 (дата обращения 20.07.2026).
3. Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World. - UN Global Compact, 2004. 58 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/280911488968799581/pdf/113237-WP-WhoCaresWins-2004.pdf> (дата обращения 20.07.2026).
4. Circular Economy and Water: A \$500 Billion Opportunity. - Ellen MacArthur Foundation, 2023. 45 p. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/the-circular-economy-in-detail-deep-dive>
5. Доклад о состоянии конкуренции в Российской Федерации за 2023 год. М.: ФАС России, 2024. 380 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://fas.gov.ru/documents/689569> (дата обращения 20.07.2026).

6. World Energy Outlook 2023. Paris: IEA, 2023. 350 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (дата обращения 20.07.2026).
7. Паспорт национального проекта (программы) «Экология» (утв. протоколом президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.12.2018 № 16) (в ред. От 15.09.2023). [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_316096/ (дата обращения 20.07.2026).
8. OECD Environmental Performance Reviews: Russian Federation 2022. - Paris: OECD Publishing, 2022. 250 p. [Электронный ресурс]. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-environmental-performance-reviews_19900090.html (дата обращения 20.07.2026).
9. Основные направления развития жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации. М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2024. 112 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/> (дата обращения 20.07.2026).
10. Энергоэффективные технологии водоснабжения и водоотведения // Сборник докладов научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, 27 апреля 2016 года. ISBN: 978-5-904941-11-6.
11. Вурдова Н.Г., Овчинникова Т.И., Мартянов Г.М., Вурдов П.Ю. Исследование эколого-экономической эффективности электрохимической коррекции pH для снижения солей жесткости // Водоснабжение и санитарная техника. 2026. № 2. С. 16-25. DOI: 10.35776/VST.2026.02.03 EDN: PPOIMV.